



Source : vegpro et pixel.com

## PROJET RADEAU

### RÉSULTATS DES BILANS HYDRIQUES RÉGIONAUX

Rapport régional  
Capitale-Nationale  
Mai 2020



Agriculture and  
Agri-Food Canada  
Agriculture et  
Agroalimentaire Canada



UNIVERSITÉ  
LAVAL

irda

G R O U P E  
AGÉCO

[www.groupeageco.ca](http://www.groupeageco.ca)

Le projet de recherche participative d'Alternative durables pour la gestion de l'eau en milieu agricole dans un contexte de changement climatique (RADEAU) est un projet mandaté par le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Le présent livrable brosse un portrait des disponibilités et des besoins actuels en eau de surface et souterraine des différents usagers (secteurs agricole, résidentiel, de même qu'institutionnel, commercial et industriel (ICI). L'étude projette également ce bilan en climat futur suivant différents scénarios possibles d'évolution du climat, d'occupation du territoire et de stratégies d'adaptation.

Cette présentation porte sur la région des Laurentides. Elle aborde en premier lieu la méthodologie utilisée dans la projection de la disponibilité et des besoins en eau et présente les résultats sous la forme de cartes interprétatives à l'échelle de la région.

Les informations reproduites dans cette présentation sont disponibles de façon plus détaillée dans ***L'Atlas électronique des bilans régionaux de la consommation et de la disponibilité des eaux de surface et souterraine en climat actuel et futur*** produit sous la forme d'un système d'information géographique (SIG). En format GDB, le SIG à accès libre comprend toutes les données de disponibilité et de prélèvements/consommations d'eau de surface et souterraine en climat actuel et futur rapportés aux polygones de municipalité ou des bassins versants.

## TABLE DES MATIÈRES

---



1. Contexte, mandat et approche méthodologique



2. Bilans hydriques actuels et conflits recensés

3. Bilans hydriques futurs - évolution des ressources et usages de l'eau

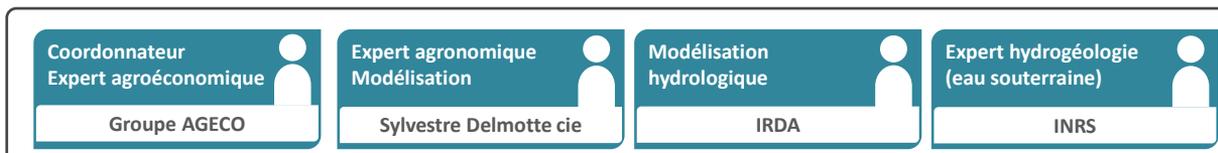


Conclusion

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

---

### Équipe principale



### Équipe élargie



3

Sous la coordination du Groupe AGÉCO, l'étude a été réalisée par une équipe scientifique regroupant l'expertise d'intervenants de l'Institut de Recherche et Développement en Agroenvironnement (IRDA), de Sylvestre Delmotte – consultant, de l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), du consortium OURANOS, du Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et de l'Université Laval.

### **Équipe principale :**

Groupe AGÉCO - Isabelle Charron, Sandrine Ducruc

Sylvestre Delmotte

IRDA - Aubert Michaud, Arianne Blais-Gagnon, Carl Boivin, François Landry, David Dugré

INRS - René Lefebvre, Mélanie Raynauld, Jean-Sébastien Gosselin

### **Équipe élargie:**

Ouranos - Marco Braun

Direction de l'Expertise hydrique (DEH/MELCC) - Simon Ricard

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) - Guillaume Jégo et René Morissette

Université Laval - Robert Lagacé (prof.) et Antoine Beauchemin (étudiant)

PROJET RÉALISÉ EN VERTU DU SOUS-VOLET 3.2 DU PROGRAMME PRIME-VERT 2013-2018



AVEC UNE AIDE FINANCIÈRE DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION (MAPAQ) ET DU FONDS VERT



Le projet a été réalisé en vertu du sous-projet 3.2 du programme Prime-Vert 2013-2018 avec une aide financière du Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et Fonds Vert.

Obtenir un état de la situation harmonisé, à l'échelle régionale, sur les besoins et la disponibilité en eau :

- Agricole, industriel, résidentiel
- Actuel et en 2050

S'outiller pour aider à prévenir/atténuer les conflits quantitatifs d'usage de l'eau en milieu agricole, dans un contexte de changement climatique



5

Soucieux de participer à l'adaptation des entreprises agricoles dans un contexte de changement climatique, le MAPAQ a confié la réalisation d'une étude pour mieux cerner les défis actuels et futurs de la gestion de l'eau (quantitatif). Le mandat implique de dresser un portrait des besoins hydriques à l'échelle régionale des différents usagers (secteurs agricole, résidentiel, de même que institutionnel, commercial et industriel (ICI)) pour comprendre quels usages et usagers de l'eau pourraient être les plus affectés dans le futur par les changements climatiques.

Le projet vise également à identifier des innovations qui permettraient d'atténuer les conflits d'usage de l'eau quant à l'aspect quantitatif dans un contexte de changement climatique.

## GRANDES ÉTAPES

- 1) Développer une méthode harmonisée de comptabilisation des besoins en eau des différents usagers et des ressources disponibles
  - Agricole, résidentiel et industriel/commercial
  - Échelle régionale – 5 régions (RADEAU 1) et 6 régions (RADEAU 2)
  - Bilans hydriques actuel et futur (2050)
  - Eau de surface/eau souterraine

**Régions administratives**

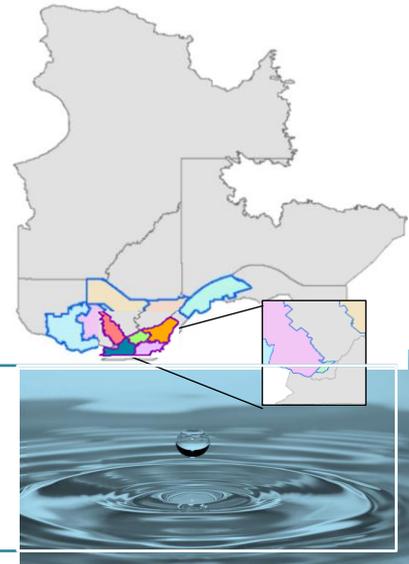
- Lanaudière
- Montérégie
- Centre-du-Québec
- Estrie
- Chaudière-Appalaches

**Régions administratives**

- Outaouais
- Laurentides
- Laval
- Mauricie
- Capitale-Nationale
- Bas-Saint-Laurent

Zone d'étude RADEAU 1

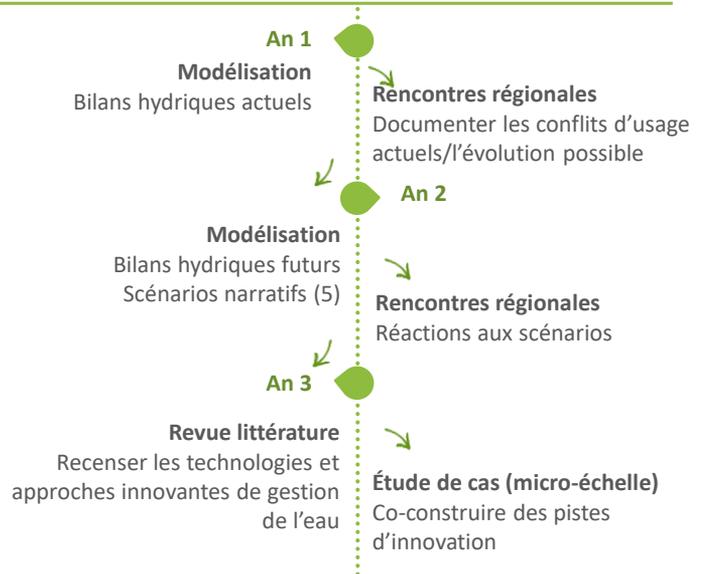
Zone d'étude RADEAU 2



- 2) Documenter les conflits d'usage de l'eau, actuels et potentiels
- 3) Recenser les pistes de solution

Une première phase (RADEAU 1), débutée en 2016, couvre les régions de la Montérégie, Estrie, Chaudière-Appalaches, Lanaudière, Centre-du-Québec. Une deuxième phase (RADEAU 2) s'est amorcée en 2017 pour six autres régions : Mauricie, Laval, Bas-St-Laurent, Capitale-Nationale, Laurentides et Outaouais.

## PROJETS SUR 3 ANS ET UNE APPROCHE PARTICIPATIVE FORTE



Le projet, ayant débuté en 2017, a été réalisé sur une période de 3 ans, suivant une alternance d'exercices de modélisation et d'interactions avec les acteurs régionaux.

La présentation d'un premier bilan régional en climat actuel auprès d'intervenants locaux des principaux secteurs d'activités a permis de documenter les conflits d'usages passés, actuels ou potentiels de l'eau puis de projeter l'évolution possible de leurs secteurs d'activités dans le futur.

En deuxième rencontre régionale, la présentation de bilans d'usages de l'eau en climat futur a permis aux mêmes intervenants de réagir aux différents scénarios d'évolution du climat, des secteurs d'activités et de stratégies d'adaptation présentés.

Les réactions et commentaires aux bilans de gestion de l'eau ont aligné le recensement de technologies et approches innovantes et la co-construction de pistes de solutions dans le cadre de deux études de cas à micro-échelle (Capitale-Nationale et Laurentides).



## APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE – BILANS HYDRIQUES ACTUELS

---

Cette section présente brièvement la méthodologie utilisée pour obtenir les bilans hydriques régionaux :

- Méthode d'évaluation des prélèvements selon les différents secteurs d'activité.
- Méthode d'évaluation de la ressource disponible.
- Analyse spatiale des prélèvements par rapport à la ressource.

La méthodologie détaillée se retrouve dans le rapport final du projet.

## PRÉLÈVEMENTS ACTUELS

---

- Résidentiel et Industriel, Commercial et Institutionnel (ICI réseau)

### À l'échelle municipale

- Démographie actuelle (MAMH)
- Nombre de personnes reliées au réseau et origine de l'eau du réseau (MELCC)
- Hypothèse résidentiel : Hors réseau = approvisionnement par puits privés – eau souterraine
- Calcul résidentiel : Population \* facteurs de consommation par habitant
- Calcul CI : Volume distribué – Pertes (aqueduc) – Volume résidentiel



**Consommation résidentielle retenue (L/j/p)**

**216 (L/j/p)**

Source: Estimation à partir de la base de données sur l'usage de l'eau potable en 2015 du MAMH.

Les prélèvements en eau des secteurs résidentiel et ICI réseau sont cumulés à l'échelle de la municipalité, distinguant l'approvisionnement par réseau ou par puits privés.

## PRÉLÈVEMENTS ACTUELS

---

- Industriel, Commercial et Institutionnel (ICI hors réseau)

Par géolocalisation

- Base de données des grands préleveurs
- Précision sur l'origine de l'eau
- L/nb de jours/mois



- Agricole (végétal, animal, piscicole)

Par géolocalisation

- Base de données du MAPAQ
- Calcul: Superficies ou nombre de têtes \* facteurs de consommation
- Précision sur l'origine de l'eau dans les Plan d'accompagnement agroenvironnemental (PAA)

Les déclarations de Gestion des Prélèvements d'Eau (GPE) des entreprises qui prélèvent plus de 75 m<sup>3</sup>/jour ont été obtenues du MELCC et ont été utilisées pour évaluer et localiser les prélèvements en eau des secteurs ICI hors réseau et piscicole.

Les données géolocalisées de superficies cultivées et de composition des cheptels des entreprises agricoles ont été obtenues du MAPAQ. Des chartes de consommation pour l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail ont été établies pour les principales cultures et espèces animales.

Les sources d'eau des entreprises agricoles ont par la suite été définies sur la base des informations colligées par le MAPAQ dans le cadre des Plan d'Accompagnement Agroenvironnementale (PAA) de 2013 à 2016.

## COEFFICIENT DE CONSOMMATION : CE QUI EST PRÉLEVÉ N'EST PAS TOUJOURS 100% CONSOMMÉ

- Résidentiel et ICI réseau:

- Prélèvement = Consommation

- Agricole :

- Production végétale:  
90 % de l'eau sert aux plantes
- Production animale:  
80 % de l'eau est utilisé par l'animal
- Production piscicole :  
5 % de l'eau est utilisé par le poisson

- ICI hors réseau : variable selon les secteurs

Code SCIAN	Secteurs	Coefficient de consommation (%)
212	Extraction minière et exploitation en carrière (sauf l'extraction de pétrole et de gaz)	10
311	Fabrication d'aliments	20
312	Fabrication de boissons	100
313	Usines textiles	100
321	Fabrication de produits en bois	25
322	Fabrication du papier	10
324	Fabrication de produits du pétrole et du charbon	12
325	Fabrication de produits chimiques	28
326	Fabrication de produits en plastique et caoutchouc	8,6
327	Fabrication de produits minéraux non métalliques	19
331	Première transformation de métaux	15
332	Fabrication de produits métalliques	6
713	Récréotouristique	100
-	Autres (221, 334, 417, 486, 721, 913, 919)	100

11

Des coefficients de consommation ont été déterminés afin de rendre compte de la portion des prélèvements effectués dans les eaux de surface qui retourne au cours d'eau. Pour les secteurs résidentiel et ICI réseau les volumes prélevés ont été directement estimés sur la base de la consommation. Pour les élevages et les productions végétales sous irrigation du secteur agricole, de même que pour les piscicultures et les ICI hors réseau, des coefficients de consommation ont été appliqués aux volumes prélevés:

- Pour les productions végétales, un coefficient de 0.9 a été utilisé, signifiant que 90 % de l'eau utilisée pour l'irrigation sert effectivement aux plantes, 10 % de cette eau retournant au cours d'eau (Pebbles, 2003);
- Pour les productions animales, un coefficient de 0.8 a été utilisé, signifiant que 80 % de l'eau utilisée pour l'abreuvement des animaux est perdue (transpiration des animaux, lait, évaporation dans les fosses), alors que 20 % de l'eau prélevée retourne au cours d'eau (Pebbles, 2003);
- Pour les productions piscicoles, un coefficient de 0.05 a été utilisé, signifiant que 95 % de l'eau prélevé retourne au cours d'eau (INRS, 2009; Shaffer, 2009);
- Pour le secteur ICI hors réseau, le coefficient dépend du secteur d'activité de l'entreprise (code SCIAN) tiré des études de l'INRS (2009) et de Shaffer (2009).

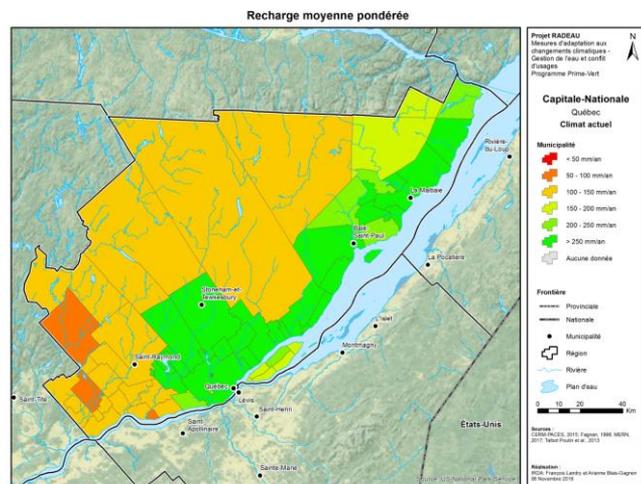
## RESSOURCES ACTUELLES

### • Eau de surface

- Par bassin versant – Atlas hydroclimatique méridional 2018 (DEH)
  - Coordonnées des exutoires
  - Étiage estival et hivernal ( $m^3/sem$ )

### • Eau souterraine

- Par pixel de 250 m \* 250 m – PACES du Québec
  - Recharge (mm/an)
  - Moyenne par municipalité



12

La disponibilité des eaux de surface et souterraine est projetée de façon distincte:

- L'indicateur retenu pour la disponibilité de l'eau de surface est le débit minimum du cours d'eau cumulé sur sept jours consécutifs pour une période de récurrence de deux ans ( $Q_{2,7}$ ). Ces débits d'étiage hebdomadaires estival ou hivernal sont extraits de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018 (DEH-MELCC, 2018) pour chacun des sous-bassins versants documentés dans l'Atlas. Pour les sous-bassins non documentés, les débits d'étiage ont été estimés sur la base de leurs superficies respectives, en mettant à profit les relations débit : superficie établies pour un ensemble de données hydrométriques colligées par l'IRDA et la DEH-MELCC.
- L'indicateur retenu pour la disponibilité de l'eau souterraine est la recharge au roc documentée dans le cadre des études du Programme d'Acquisition des Connaissances sur les Eaux Souterraines (PACES) pour l'Outaouais (Comeau et al., 2013), du nord-est du Bas-Saint-Laurent (Buffin-Bélanger et al., 2015), du sud-ouest de la Mauricie (Leblanc et al., 2013), de la Communauté métropolitaine de Québec (Talbot et al., 2015), de Charlevoix, de Charlevoix-Est, de la Haute-Côte-Nord (Rouleau et al., 2013), ainsi que l'étude de l'estimation de la recharge de Laval et des Laurentides réalisée dans le cadre du projet RADEAU 2 (Raynauld et al., 2018)



BILAN DE LA SITUATION ACTUELLE

---

## UN CONFLIT C'EST....

---

- Utilisations **concurrentielles** entre plusieurs usagers
- Quantité vs qualité
- Actuel et potentiel
- Eau de **surface** vs **souterraine**
- Eau disponible et période d'étiage (débit réservé...)



---

14

Dans le cadre de la présente étude et sur la base de la littérature consultée, il est établi qu'un conflit d'usage :

- Survient lorsqu'il y a utilisations **concurrentielles** entre plusieurs usagers ou usages;
- Concerne autant les aspects **quantitatifs** que **qualitatifs**, dans la mesure où un enjeu de qualité peut limiter l'usage de la ressource et entraîner le recours, par exemple, à d'autres sources (souterraines). Par ailleurs, il semble que l'aspect quantitatif seul soit rarement une source de conflit. À ce sujet, c'est précisément l'aspect quantitatif qui est le point de mire du projet confié par le MAPAQ; les aspects qualitatifs sont pris en compte que s'ils ont un impact sur les aspects quantitatifs (ex. changement de source d'approvisionnement en eau).
- Concerne autant les eaux de **surface** que les eaux **souterraines**;
- Est **actuel** ou **latent**, c'est-à-dire qu'un conflit peut se déclarer si une situation aujourd'hui soutenable se détériore (notamment en contexte de changement climatique).

## LES CONFLITS IDENTIFIÉS – PRINCIPAUX CONSTATS

---

- Quelques problèmes au plan qualitatif (contamination bactériologique, nitrates, acidité des lacs)
    - Problèmes de nitrites et nitrates et de certains pesticides autour des cultures de pommes de terre (MRC Portneuf)
  - Quelques problèmes localisés dans petits cours d'eau
  - Problème quantitatif- eau souterraine
    - Approvisionnement en eau pour des fins agricoles sur l'Île d'Orléans, part importante des superficies cultivées irriguées et bassins de rétention insuffisants
    - Abaissement de la nappe phréatique causé dans certains cas où le matériel exploité est situé sous le niveau de cette nappe par l'exploitation d'une carrière ou d'une sablière
    - MRC de Charlevoix (municipalités de Saint-Urbain et de Baie-Saint-Paul): les producteurs agricoles auraient de la difficulté à trouver des puits d'eau. Situation aussi constatée dans Portneuf (aquifère peu productif)
- 

15

Un des enjeux dans la région de la Capitale-Nationale concerne l'approvisionnement en eau pour des fins agricoles sur l'Île d'Orléans. L'ensemble des habitants est alimenté à partir d'eau souterraine et une part importante des superficies cultivées sur l'Île sont irriguées (BPR, 2003). Pour pallier ce problème, les agriculteurs de l'Île d'Orléans ont implanté de nombreux bassins de rétention d'eau mais leur capacité serait insuffisante. De plus, les eaux souterraines seraient particulièrement à risque de contamination par les activités agricoles (Parent et Anctil, 2012). Ces problèmes devraient s'amplifier avec la diminution prévue du niveau du fleuve et l'extension de la zone de salinité du fleuve à l'ouest de l'île (Parent et Anctil, 2012). Selon la directrice générale de la Chambre de commerce de l'île d'Orléans, certains puits dans la municipalité de Saint-François de l'île d'Orléans seraient salins.

Dans la MRC de Charlevoix, des problématiques liées à la disponibilité de source d'eau souterraine auraient été soulevées dans les municipalités de Saint-Urbain et de Baie-Saint-Paul. Les producteurs agricoles auraient de la difficulté à réaliser de nouveaux puits d'eau.

Selon les conseillers horticoles de la MRC de Portneuf du MAPAQ, plusieurs agriculteurs de la MRC s'interrogent sur les meilleures sources d'eau alors que plusieurs parmi eux songent à installer de nouveaux systèmes pour irriguer leurs champs de pommes de terre dans un futur rapproché.

Des problèmes de qualité de l'eau sont aussi présents autour de la Capitale-Nationale avec de nombreux cours d'eau acides ou encore présentant des concentrations élevées en nitrates et en pesticides (BPR Groupe-conseil, 2003), en partie causés par la pollution agricole pour le Comté de Portneuf et l'île d'Orléans (Rousseau et coll., 2004). De façon plus précise, certains cours d'eau montrent une pollution liée aux activités agricoles et qui restreint le potentiel d'activités parallèles par les autres usagers : rivière Lorette (présence de coliformes fécaux et d'aluminium), ruisseau Savard (présence de coliformes fécaux), rivière Cap-Rouge (présence de coliformes fécaux, phosphore, matières en suspension), rivière Nelson (présence de nitrites et de nitrates) ainsi que le Lac Saint-Charles (Parent et Anctil, 2012; Brodeur et Trépanier, 2013).

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL CLIMAT ACTUEL – PRINCIPAUX CONSTATS

- **Consommation totale : 124,0 Mm<sup>3</sup>/an (150,7 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

– Résidentiel: 43%    ICI Réseau: 43%    ICI Hors Réseau: 9%    Agricole: 5%

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>	<b>22</b>
Résidentiel	75	25
ICI Réseau	85	15
ICI Hors Réseau	93	7
Agricole	41	59

16

La région de Capitale-Nationale consomme au total **124 millions de m<sup>3</sup> d'eau** par année. Cette région arrive au premier rang, parmi les régions de RADEAU 2, en termes de démographie. **43 %** de l'eau consommée dans la région est dédié au secteur résidentiel. Les ICI liées aux réseaux d'aqueducs consomment **43 %**, les industries hors réseau **9 %** et le secteur agricole **5 %**. L'eau de surface est la première source utilisée (**78 %** des consommations). Les ICI s'alimentent surtout à partir d'eau de surface, contrairement au secteur agricole qui tire son eau à **59 %** des nappes souterraines dans cette région. La répartition des consommations du secteur agricole se présente comme suit:

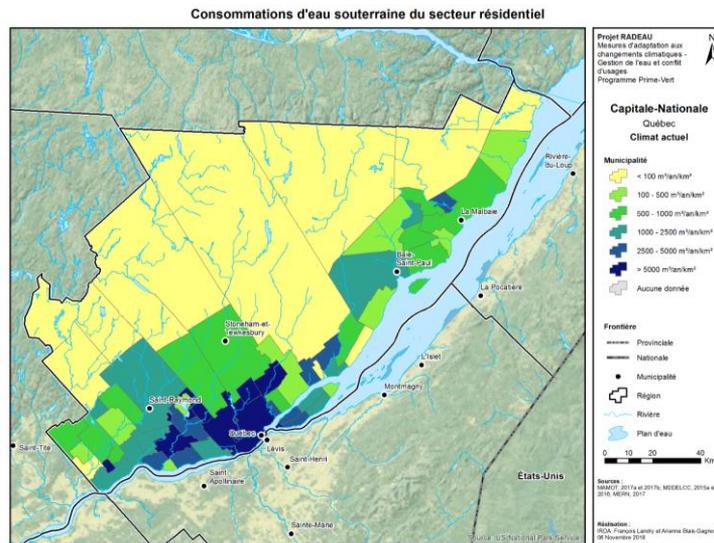
	Besoins agricoles (%)
Piscicole	37
Végétal	45
Animal	18

## RÉPARTITION DE L'UTILISATION DE L'EAU PAR LES PRINCIPALES PRODUCTIONS ANIMALES ET VÉGÉTALES

- Alors qu'en production végétale l'utilisation de l'eau est répartie entre 7 différentes cultures, pommes de terre en tête pour le frais (17,6%), la situation est différente en production animale, où les bovins laitiers dominant (52%).

	m <sup>3</sup> /an	%
<b>Végétal</b>		
Pommes de terre marché frais	548474	17,6
Arbustes conteneur	387800	12,5
Conifères conteneur	360850	11,6
Pommes de terre croustilles	346639	11,1
Plantes vivaces et rosiers conteneur	280700	9,0
Fraises conventionnelles et haute densité	276624	8,9
Arbres feuillus conteneur	273000	8,8
Pommes de terre prépelage	191993	6,2
<b>Animal</b>		
Bovins laitiers	635627	51,9
Porcs	265837	21,7
Bovins de boucherie	194148	15,8

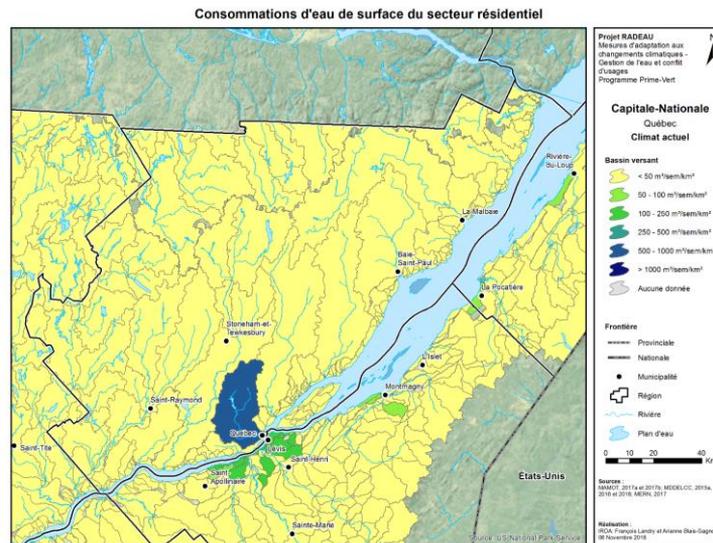
## PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



18

Les consommations en eau souterraine du secteur résidentiel reflètent les gradients démographiques de la région. De fait, les taux relativement faibles de prélèvements d'eau souterraine dans le nord des différentes MRC sont tributaires de la plus faible densité de la population. Sainte-Brigitte-de-Laval, Lac-Beauport, Québec, Shannon et Pont-rouge sont les municipalités pour lesquelles les consommations par km<sup>2</sup> sont le plus élevées (> 5 000 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup>).

## PRÉLÈVEMENTS POUR LE RÉSIDENTIEL



19

La pression du secteur résidentiel sur l'eau de surface demeure relativement faible sur l'ensemble du territoire de la région (à moins de 250 m<sup>3</sup>/sem-km<sup>2</sup>), à l'exception du bassin de la rivière Saint-Charles, la source d'eau potable de la Ville de Québec.

## PRINCIPAUX PRÉLEVEURS INDUSTRIELS D'EAU HORS RÉSEAU- 2015

---

- Prélèvements totaux : 32,5 Mm<sup>3</sup>/an
- Consommation : 10,4 Mm<sup>3</sup>/an
  
- La moitié des prélèvements : fabrication du papier
- Suivi du récréotourisme et des produits non métalliques (22% chacun)

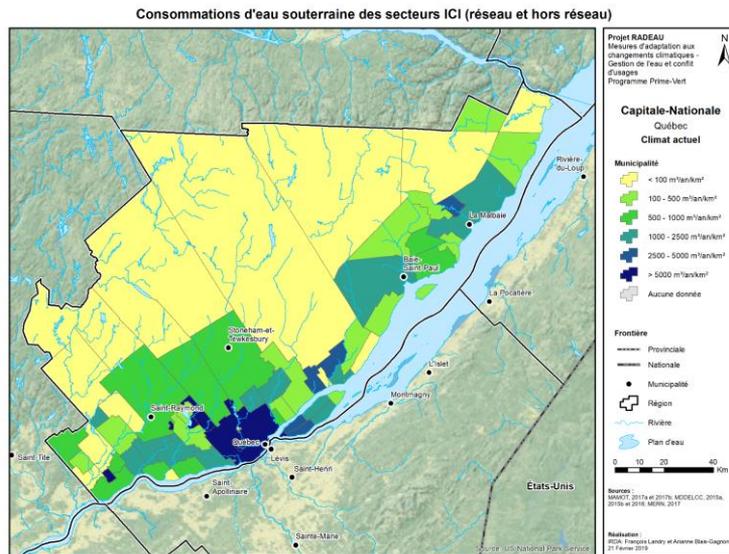
Source: MELCC à partir de la base de donnée des grands préleveurs d'eau de 2015

---

20

La moitié des prélèvements d'eau qui ne sont pas reliés à un réseau d'aqueduc pour des usages industriels dans la région est dédiée à la fabrication de papier, suivent ensuite le récréotourisme et le secteur des produits non métalliques.

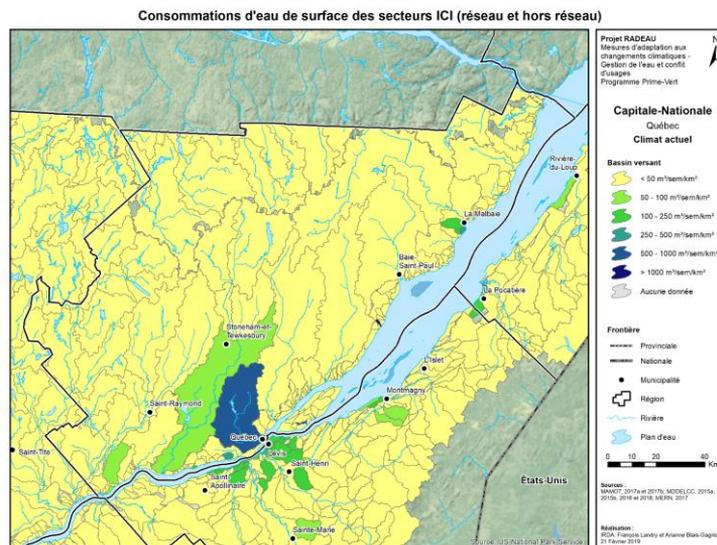
## PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCE ET INSTITUTIONS



21

Les prélèvements des secteurs ICI sur l'eau souterraine ( $> 5\,000\text{ m}^3/\text{an}\cdot\text{km}^2$ ) sont davantage localisés dans la ville de Québec, où la densité de population et d'ICI est plus grande qu'ailleurs sur le territoire.

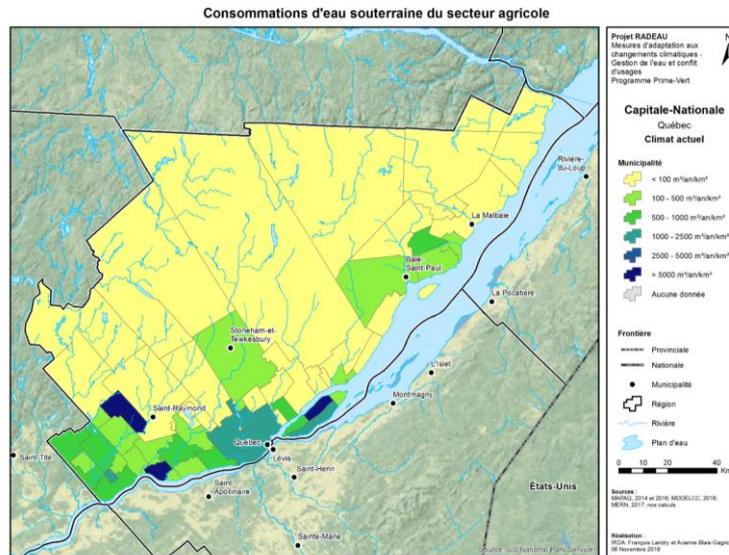
## PRÉLÈVEMENTS POUR LES INDUSTRIES, COMMERCE ET INSTITUTIONS



22

La consommation d'eau de surface des ICI dans la région est faible en général. Toutefois, dans les bassins de la rivière la Chevroitière ( $57 \text{ m}^3/\text{sem-km}^2$ ), de la rivière Jacques-Cartier ( $73 \text{ m}^3/\text{an-km}^2$ ) et de la rivière Saint-Charles ( $930 \text{ m}^3/\text{sem-km}^2$ ), les prélèvements des ICI sont plus grands.

## PRÉLÈVEMENTS AGRICOLES

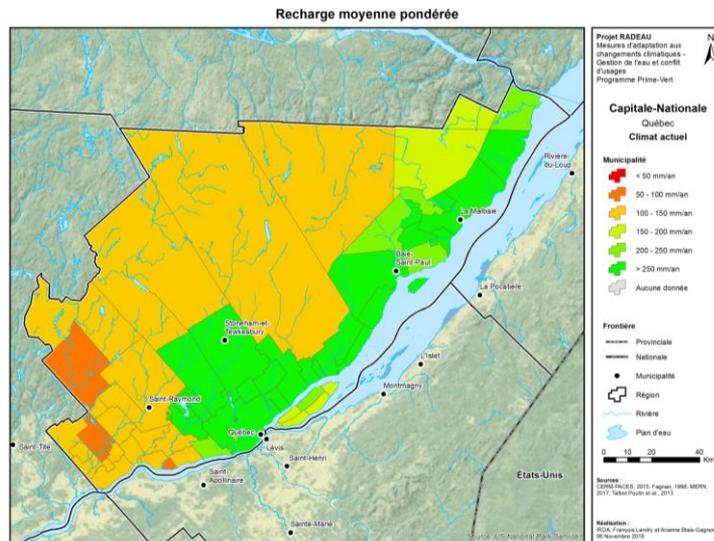


23

Les prélèvements en eau souterraine dédiés à la production animale sont principalement localisés dans le sud-ouest de la région (MRC Portneuf), sur l'île d'Orléans et autour de Baie-Saint-Paul. Pour la production végétale, c'est principalement au sud de l'agglomération de Québec et dans la MRC de Portneuf. Sainte-Léonard-de-Portneuf, Cap-Santé et Sainte-Famille (île d'Orléans) sont les municipalités où la pression sur la ressource est plus forte, à raison de plus de 5 000 m<sup>3</sup>/an-km<sup>2</sup> d'eau souterraine consommée.



## LES BILANS HYDRIQUES ACTUELS – LES RESSOURCES EN EAU: RECHARGE SOUTERRAINE

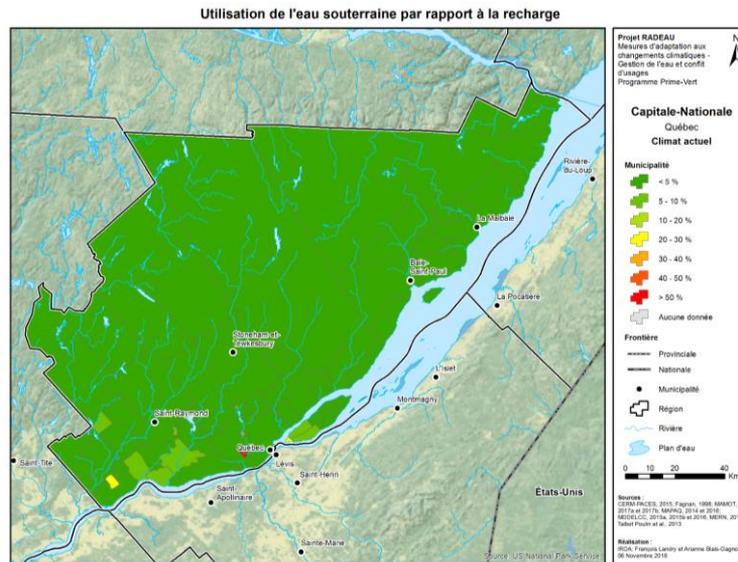


25

L'indicateur de disponibilité de l'eau souterraine est la recharge annuelle totale estimée de l'aquifère profond (au roc). Les données sont basées sur les études des PACES de la Communauté métropolitaine de Québec (Talbot et al., 2015) et de Charlevoix, de Charlevoix-Est, de la Haute-Côte-Nord (Rouleau et al., 2013) ainsi que sur le mémoire de maîtrise pour la MRC de Portneuf de Fagnan (1998).

Les estimations de la recharge moyenne de l'aquifère varient ainsi de 75 mm/an (Rivière-à-Pierre et Donnacona) à plus de 250 mm par année pour plusieurs municipalités en bordure du fleuve.

## BILANS – UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE ET RECHARGE



26

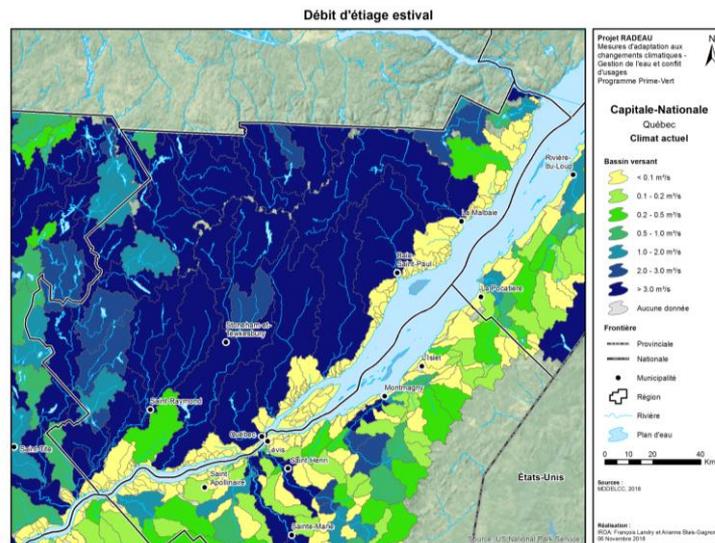
Les indices de pression sur l'eau souterraine ont été estimés à l'échelle de chacune des municipalités suivant le ratio suivant :

$$\frac{\sum \text{prélèvements d'eau souterraine de la municipalité (résidentiel, agricole et ICI)}}{\text{Recharge}}$$

L'estimation de la recharge est présumée indépendante du taux de prélèvement. En effet, les taux documentés de recharge sont plutôt déterminés par des facteurs liés au climat, la topographie, la géologie, la végétation et les propriétés physiques des sols. Le seuil critique de l'indice de pression sur l'eau souterraine (ratio prélèvements : recharge) a été établi à 20 % (René Lefebvre, INRS, communication personnelle).

La carte d'utilisation de l'eau souterraine montre un usage équilibré de la ressource, avec des valeurs bien en-deçà du seuil de durabilité de la ressource. En termes relatifs, les prélèvements en eau souterraine proviennent surtout du secteur agricole. L'eau souterraine n'est globalement pas la source d'approvisionnement dominante dans la région.

## LES BILANS HYDRIQUES ACTUELS – LES RESSOURCES EN EAU: DÉBITS D'ÉTIAGE



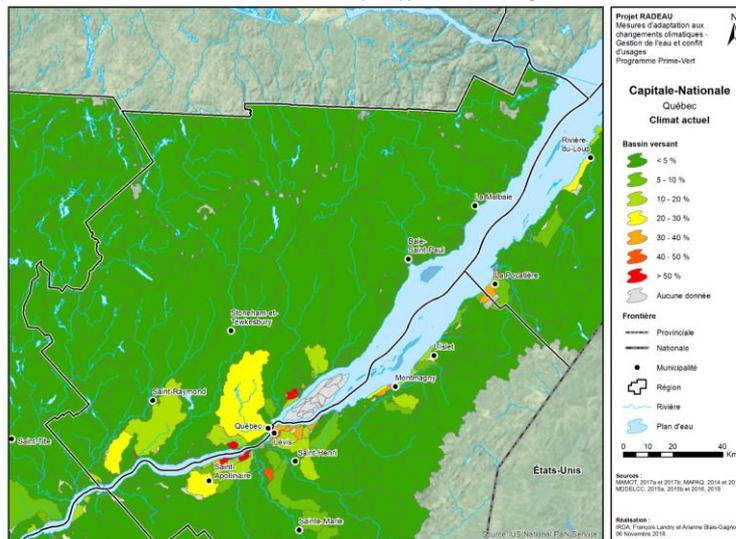
27

Le débit d'étiage estival (indicateur  $Q_{2,7}$  : débit minimum sur sept jours consécutifs du cours d'eau pour une période de récurrence de deux ans) a été retenu comme indicateur de disponibilité de l'eau de surface en période estivale ou hivernale. Les indicateurs  $Q_{2,7}$  sont tirés de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional 2018 (DEH-MELCC, 2018), ci-après nommé Atlas 2018.

Les débits d'étiage projetés pour les cours d'eau de la région reflètent essentiellement les superficies de leurs bassins versants respectifs, avec des  $Q_{2,7}$  variant de moins de 0,1 m<sup>3</sup>/s à plus de 3 m<sup>3</sup>/s. Les débits d'étiage des plus petits bassins versants, non documentés dans l'Atlas, ont été générés sur la base de relations statistiques établies entre les superficies de petits bassins méridionaux jaugés au Québec et leurs débits d'étiage respectifs (IRDA et DEH/MELCC). Ces petits bassins versants sont généralement associés à des débits d'étiage inférieurs à 0,1 m<sup>3</sup>/s. La méthodologie et les données mises à contribution dans l'évaluation des débits d'étiage sont présentées en section 5.1 du rapport de projet.

## BILANS – UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE ET DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage estival



28

L'indice de pression sur l'eau de surface est exprimé à l'échelle des sous-bassins hydrographiques par le ratio des prélèvements par rapport au débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ). Puisque les débits d'étiage sont dépendants des prélèvements effectués, les prélèvements ont été ajoutés au débit d'étiage dans le calcul des indices de pression suivant le ratio suivant :

$$\frac{\sum \text{prélèvements d'eau de surface du bassin (résidentiel, agricole et ICI)}}{Q_{2,7} + \sum \text{prélèvements d'eau de surface du bassin (résidentiel, agricole et ICI)}}$$

Dans la région de la Capitale-Nationale, l'eau de surface est utilisée principalement pour les secteurs résidentiel et les ICI. Certaines zones sont plus critiques (seuil > 15%), notamment celles des rivières Saint-Charles (27%), La Chevrotière (25%), Portneuf (20%) et aux Chiens (16%).



### Disponibilité en eau

- Hypothèse d'une recharge stable des nappes souterraines à l'horizon 2050
- Évolution des débits d'étiage estivaux et hivernaux : atlas hydroclimatique 2018

### Choix de 5 scénarios climatiques

### Comment pourraient évoluer les prélèvements ?

### Et les conflits d'usage ?

Les sections suivantes présentent la méthodologie et les résultats projetés de consommation et de disponibilité des eaux de surface et souterraine en climat futur pour les différents usages (agricole, résidentiel et ICI) dans Capitale-Nationale. S'arrimant à la méthode appliquée aux bilans en période actuelle, la démarche repose sur des évaluations distinctes des portraits de l'utilisation et de la disponibilité des eaux de surface et souterraines en climat futur.

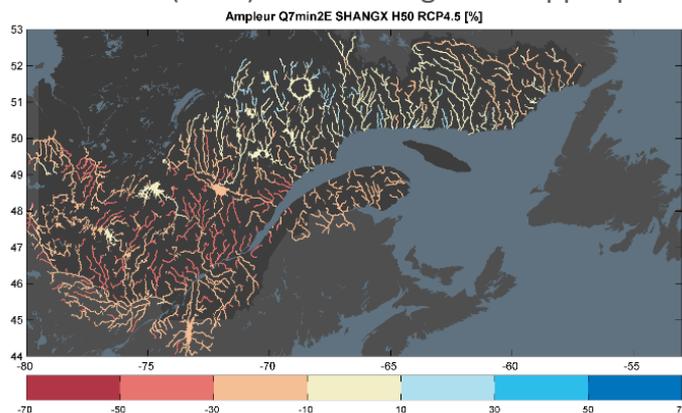
Les prélèvements d'eau de surface en période de pointe sont comparés, à l'échelle de chacun des bassins versants, à la disponibilité projetée des eaux de surface en période d'étiage à l'horizon 2050. Cette comparaison repose sur l'indicateur de débit d'étiage  $Q_{2,7}$ , soit la valeur minimum du débit moyen du cours d'eau sur une période de 7 jours, pour une période de récurrence de deux ans.

Les prélèvements d'eau souterraine sur une base annuelle sont comparés à la recharge annuelle de la nappe, à l'échelle des municipalités.

La projection des prélèvements en climat futur pour les secteurs résidentiel, industriel et agricole, sont basés sur cinq scénarios d'évolution du climat, de la démographie et des différentes secteurs d'activités économiques.

## QUE SAIT-ON DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU?

- Diminution des débits d'étéage
  - Selon les scénarios choisis avec Ouranos, de -17% à -50%
  - À l'échelle du Québec, pour les cours d'eau majeurs
- Pas d'évolution à court terme (2050) de la recharge des nappes phréatiques



(source : DEH MELCC, 2017, com. Pers. Résultats préliminaires, rôle uniquement d'illustration)

Sur le plan de la gestion de l'eau, les impacts des changements climatiques s'inscrivent en double. D'une part, il y a un impact sur l'utilisation de la ressource, alors que l'augmentation des températures et de l'évapotranspiration motive une utilisation plus importante d'eau souterraine ou de surface. D'autre part, il y a aussi une diminution de la disponibilité de l'eau de surface appréhendée en période critique d'étéage en climat futur.

Pour les fins de la présente étude, les projections des débits d'étéage en climat futur ( $Q_{2,7}$ ) à l'horizon 2050 de l'atlas hydro-climatique du Québec (MELCC, 2018) ont été retenus comme balises dans l'évaluation des conflits potentiels d'usage des eaux de surface en climat futur. Dans l'ensemble, les diminutions appréhendées des débits d'étéages des cours d'eau majeurs sont de l'ordre de 17 à 50 % du débit actuel.

En ce qui a trait à la disponibilité de l'eau souterraine en climat futur, il est postulé que les changements climatiques n'auront pas d'impacts significatifs sur la recharge de l'aquifère profond à l'horizon 2050, reflétant l'état des connaissances exprimé par les collaborateurs au projet du domaine de l'hydrogéologie.

## QUE SAIT-ON DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES BESOINS EN EAU?

---

- Pas d'impact sur les besoins résidentiels
- Pas d'impact sur les besoins industriels
- Augmentation des besoins pour les activités récréotouristiques (golfs, stations de ski)
  - Accentuation des conditions douces et pluvieuses qui raccourciront la saison de ski, mais augmentation de la fabrication de neige
  - Prolongation de 2 à 3 semaines de la saison de golf, essentiellement en début de saison
- Et surtout, hausses des besoins en eau pour l'agriculture
  - Besoin en eau d'irrigation plus important car déficit hydrique plus sévère

---

31

Pour les fins de la présente étude, les changements dans les prélèvements d'eau inhérents aux scénarios narratifs d'évolution en climat futur ont été projetés sur la base de cinq scénarios climatiques. Ces scénarios climatiques ont été développés par le Consortium de recherche Ouranos, à partir de variables climatiques choisies comme indicateurs, incluant la variation en matière de précipitations cumulées sur la période de juin à août, la température moyenne d'avril à octobre, et enfin le nombre de jours avec des températures supérieures à 32 °C (Braun, 2017). Les scénarios retenus représentent 72 % de la variabilité qui est simulée dans les scénarios climatiques de l'ensemble CMIP5 utilisés par Ouranos. Une projection des besoins en eau en fonction du climat futur a été réalisée pour chacune des régions à l'étude, sur la base des données propres à sa station météorologique de référence. Pour la région de **Capitale-Nationale**, il s'agit de la station de **Québec**.

Dans l'ensemble, il est reconnu que les changements climatiques ont peu d'effet sur les besoins en eau résidentiels et industriels. Mais les besoins en eau peuvent néanmoins évoluer dans le temps selon la croissance de la population ou le dynamisme des activités économiques. Le principal secteur affecté par le climat est sans contredit le secteur agricole.

## IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES BESOINS EN EAU EN AGRICULTURE

	QUÉBEC
PRÉCIPITATIONS DE JUIN À AOÛT (CLIMAT HISTORIQUE - OURANOS)	340 mm
ETP MOYENNES JUIN A AOÛT (CLIMAT HISTORIQUE)	345 mm
MOYENNE DE P – ETP (MM) (CLIMAT HISTORIQUE)	-5 mm
VARIATION SUPÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	-73 mm
VARIATION INFÉRIEURE DU DÉFICIT HYDRIQUE EN CLIMAT FUTUR	+11 mm

- Ex. simulations pommes de terres en sol sableux : 91 mm
  - Scénarios forts : +22 à +38 mm par saison | scénarios faibles : stables (+15 à +16mm)
- Besoin en eau pour abreuvement des animaux et refroidissement des bâtiments
  - Ex. vache laitière : +1.2L /jr /°C en plus.
    - Consommation moyenne actuelle : ~110L par jour. 3°C en plus = 3.6L.
  - Refroidissement : 15L/jr/vache pour la brumisation, 150L/jour/vache pour l'aspersion.

L'augmentation moyenne projetée des températures pour les cinq scénarios climatiques retenus est de l'ordre de 2.6 °C à Québec sur la période d'avril à octobre pour 2041-2070, comparativement à 1981-2010.

Le nombre moyen de jours au-dessus de 30 °C passerait de **4 jours** en période de référence à **22 jours** en climat futur, alors que la durée de la saison de croissance augmenterait de **186 à 213 jours**. Cette évolution des températures et de durée de cycle se traduirait par une augmentation importante du nombre de degrés-jours (DJ) estimés pour la saison de croissance, qui s'accroît de **460 DJ** (base 10°C ) depuis une estimation de **947 DJ** en climat actuel à Québec.

À partir de l'ensemble des variables précédentes, l'évapotranspiration potentielle (ETP) en climat de référence et futur a été projetée. Les cinq scénarios climatiques retenus pour les fins de l'étude donnent tous lieu à une augmentation significative de l'ETP à la station de Québec (**37 mm** en moyenne), représentant une hausse moyenne de **11 %**.

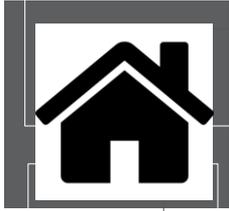
Enfin, les précipitations totales cumulées sur la saison de croissance passeraient, en moyenne, de **743 mm à 808 mm** en climat futur, suivant les cinq scénarios climatiques à l'étude. Les épisodes projetés d'absence de précipitations en climat futur (5 jours minimum sans précipitations) ne seraient cependant pas différents, en nombre comme en durée, du climat actuel.

Du fait de l'augmentation de l'évapotranspiration, principalement durant les mois de juin, juillet et août, et de la stabilité des précipitations attendue pour cette période, le déficit hydrique (P – ETP) devrait **augmenter**. Ce déficit était déjà historiquement de **- 5 mm**, et en climat futur, il devrait, pour la période de juin à août, **diminuer de 11 mm** (scénario optimiste) ou **augmenter de 73 mm**, le portant à **-78 mm** sur la période.

En conséquences, les besoins en eau des cultures devraient augmenter. Les simulations réalisées avec le modèle STICS dans le cadre du projet RADEAU en utilisant comme culture modèle la pommes de terre montrent une augmentation des besoins en eau d'irrigation de **+ 15 mm à + 38 mm** par saison en climat futur.

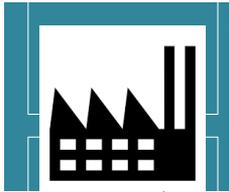
## IMAGINER LES BESOINS EN EAU FUTURS

---



### Prélèvements résidentiels

- Scénarios de croissance démographique (ISQ) + densification/dévitilisation
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Commentaires et anticipations partagés par les acteurs régionaux



### Prélèvements industriels

- Scénarios d'évolution du tissu industriel
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Commentaires et anticipations partagés par les acteurs régionaux

Pour évaluer les besoins en eau futur, nous avons aussi combiné les informations partagées par les acteurs régionaux quant à l'évolution possible de leur territoire, à différentes données historiques et de prospectives disponibles (évolution démographique, industrielle, agricole). Des hypothèses ont aussi été posées sur le comportement des acteurs (effort de réduction de consommation d'eau).

En ce qui a trait aux prélèvements résidentiels, la moyenne de 216 litres/personne/jour utilisée en période de référence a été modulée en climat futur dans les différents scénarios. Sur la base de la littérature disponible et de renseignements empiriques (québécois ou européens), nous avons documenté les effets du recours à des équipements moins consommateur d'eau (toilette, laveuse). En combinant l'ensemble des mesures de réduction possibles, il a été projeté que la consommation résidentielle moyenne pourrait diminuer jusqu'à 30 %. Les projections démographiques de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ) à l'horizon 2036 pour chacune des régions à l'étude ont été utilisées pour faire varier les hypothèses d'évolution de la population (faible, moyenne, élevée). Des hypothèses de densification ou de dévitilisation ont été développées avec les acteurs locaux lors des rencontres régionales. La section 6.2 du rapport de projet présente plus en détails la méthode.

L'évolution des prélèvements en eau des secteurs industriel, commercial et institutionnel dans les scénarios narratifs a été projetée en climat futur suivant plusieurs variables, incluant les volumes d'eau prélevés actuellement, les projections économiques à long terme, basées notamment sur les tendances de croissance économique historiques, et enfin sur un niveau de réduction de la consommation d'eau, lié aux possibles efforts de réduction et à l'intégration de procédés industriels plus efficaces. Une description détaillée de la méthode est présentée à la section 6.4 du rapport final de projet.

## IMAGINER LES BESOINS EN EAU FUTURS



### Prélèvements agricoles

- Scénarios d'évolution des superficies et cheptels
- Scénarios de comportement de consommation et d'évolution technologique
- Inclusion des impacts climatiques (évapotranspiration, températures extrêmes, etc.)

Station Québec	Actuel	Futur 2041-2070
Déficit hydrique estival potentiel (P - ETP)	- 5 mm	+ 5 à - 73 mm
Volume supplémentaire d'eau d'irrigation (plante modèle)		18 à 52 mm selon les modélisations

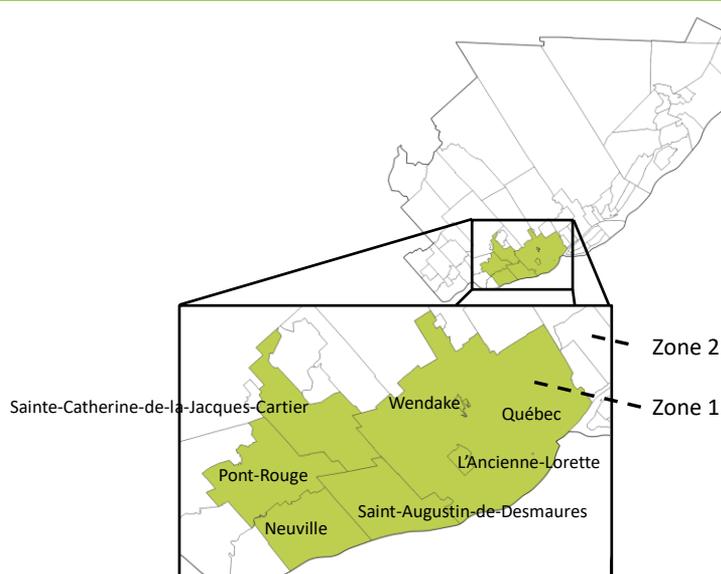
34

Pour le secteur agricole, l'évolution des besoins en eau a été projetée sur la base de l'évolution de plusieurs variables, dont:

- Les superficies en cultures qui nécessitent de l'irrigation, basées sur des tendances historiques et les dynamiques actuelles et potentielles de marché.
- La part de ces superficies, par type de culture, qui seraient effectivement irriguées, variant de **+0 à +100 %** selon les productions végétales documentées (fruits et petits fruits, production maraîchère et en serre). Ces hypothèses sont basées sur les renseignements obtenus de différents conseillers du MAPAQ et d'un chercheur de l'IRDA spécialisé en irrigation.
- La hausse éventuelle des besoins en eau de chaque culture, touchant la régie de l'irrigation: projetée sur la base de l'incidence des changements climatiques sur l'évapotranspiration des cultures, telle que modélisée avec le support du modèle STICS en mettant à profit les scénarios climatiques fournis par Ouranos. Une description détaillée de la méthode, des hypothèses et des sources de données utilisées dans les projections des utilisations de l'eau par les différentes cultures est présentée 6.3 du rapport de projet.
- Le nombre d'animaux à abreuver. Les tendances d'évolution du cheptel calculées pour la période 1996-2016 démontrent que la plupart des cheptels de bovins, qu'ils soient laitiers ou de boucherie sont en diminution notable, sauf les veaux qui sont presque stables. Les cheptels de porc et de moutons sont en forte augmentation, tout comme les chèvres, les poules et les poulets. Pour nos cinq scénarios, nous avons réalisé des hypothèses d'évolution cohérentes avec les scénarios narratifs communs à toutes les régions.
- Les répercussions du CC sur les besoins en eau des animaux: pour l'abreuvement de même que pour le refroidissement des bâtiments, en raison par exemple des systèmes de brumisation, des écrans humides ou des systèmes d'aspersion.

Une description détaillée de la méthode, des hypothèses et des sources de données est présentée dans la section 6.4 du rapport de projet.

## EN PLUS DE LA CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE, HYPOTHÈSES DE DENSIFICATION/DÉVITALISATION



Des zones de densification de la population et des activités économiques ont été établies pour les fins de l'étude. Esquissée sous la forme de couronnes, leur délimitation s'appuie notamment sur les commentaires des acteurs régionaux quant à leur vision de l'évolution de leur territoire. En Capitale-Nationale, trois couronnes (dites zones) ont été définies:

La **première (zone 1)** est celle qui se densifie le plus et qui englobe les municipalités suivantes:

Québec, Wendake, l'Ancienne-Lorette, Saint-Augustin-de-Desmaures, Neuville, Pont-Rouge et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier.

La **deuxième (zone 2)** inclut toutes les autres municipalités plus rurales de la région et correspond aux augmentations projetées de population les plus faibles. Une hypothèse d'exode rurale est d'ailleurs considérée pour un des scénarios démographiques en climat futur (scénario 5).

## AU FINAL : CINQ SCÉNARIOS POSSIBLES SELON DES HYPOTHÈSES ET FACTEURS DE CHANGEMENT

	Scénario 1 Statu quo	Scénario 2 Chaleur et soif	Scénario 3 Chaleur et interdits	Scénario 4 Tempéré et dense	Scénario 5 Tempéré et urbain
Évolution des débits d'étiage	Réduction moyenne du fait du changement climatique	Forte diminution du fait du changement climatique	Diminution moyenne du fait du changement climatique	Diminution faible du fait du changement climatique	Diminution moyenne du fait du changement climatique
	Croissance moyenne	Forte croissance	Faible croissance	Forte croissance	Faible croissance, exode rural
	Pas de changement	Facturée au volume : forte diminution	Diminution modérée	Compteurs d'eau : diminution modérée	Forte diminution
	Poursuite des tendances	Secteur en forte croissance sauf pâtes et papier Réduction modérée des prélèvements	Croissance modérée Facturée au volume : Réduction élevée des prélèvements	Forte croissance Réduction d'eau modérée	Croissance modéré Réduction faible pour industriel
Récréotourisme	Poursuite des tendances	Forte croissance	Faible croissance	Croissance modérée	Forte croissance
	Poursuite des tendances Hausse des superficies cultivées	Hausse importante des superficies cultivées irriguées Hausse importante des besoins en eau/ha	Faible hausse des superficies cultivées irriguées Forte hausse des besoins en eau/ha	Faible hausse des superficies cultivées irriguées Faible hausse des besoins en eau/ha	Hausse moyenne des superficies cultivées irriguées Faible hausse des besoins en eau /ha et eau souterraine à 100%

- 5 scénarios narratifs
  - Logique interne
  - Plausibles
  - Originaux (en dehors des lieux communs)
  - Contrastés

Il était une fois..... La région de la Capitale-Nationale en 2050, déclin de l'industrie récréotouristique, facturation de l'eau pour tous les usagers, développement marqué des serres, etc....

36

Une approche par scénarios narratifs a été retenue pour la présente étude compte-tenu du contexte d'incertitude quant à l'évolution future des différents secteurs d'activité. L'approche consiste à littéralement raconter une histoire, c'est-à-dire à mettre en récit des futurs possibles, en retenant des critères dans l'élaboration des scénarios (respecter une logique interne, plausibles, originaux, contrastés).

Les facteurs de changements identifiés sont notamment la réglementation, les développements industriel et agricole ainsi que la croissance démographique. Pour l'élaboration des scénarios, nous avons retenu les deux facteurs les plus incertains et se traduisant par des répercussions sur les prélèvements. Puis, nous avons déterminé les répercussions de ces évolutions sur les prélèvements. Les changements climatiques et l'évolution démographique sont le fil conducteur des changements. Les scénarios climatiques d'Ouranos ont donc été combinés à nos scénarios narratifs.

Au final, cinq scénarios narratifs ont été développés, basés sur des scénarios climatiques et différentes évolutions possibles des besoins des usagers. Un premier scénario est représentatif d'un statu quo dans les tendances de l'évolution démographique et de l'activité économique. Les quatre autres scénarios sont contrastés en termes de prélèvements et de ressources en eau, mais aussi probables les uns que les autres. En se référant au tableau synthèse illustré ci-haut, les couleurs jaune-orange-rouge indiquent une évolution qui met une pression sur la ressource eau, alors que le vert indique plutôt une évolution favorable à la ressource, par exemple une faible croissance démographique.



## BILANS HYDRIQUES DES SCÉNARIOS FUTURS

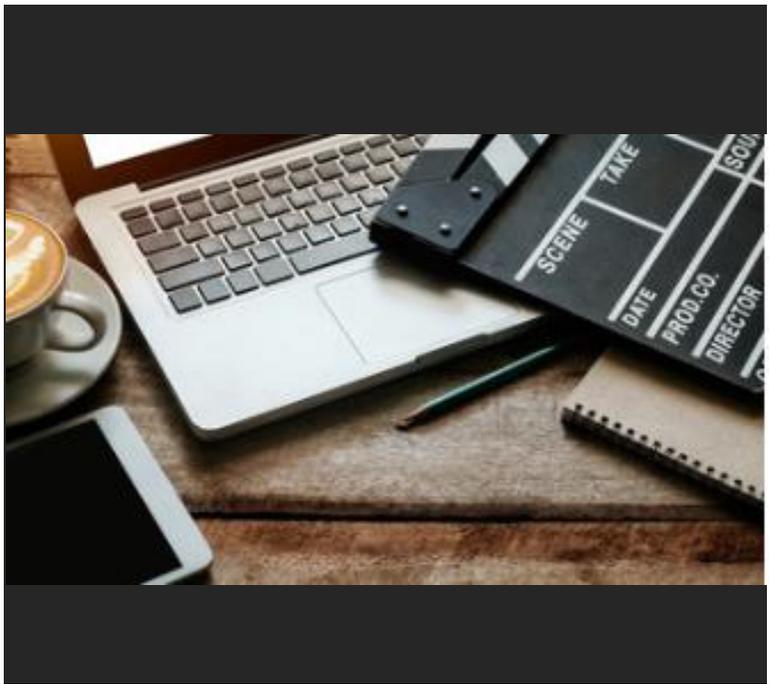
---

La prochaine section présente les résultats projetés de prélèvements et de disponibilité de l'eau surface et souterraine pour chaque scénario narratif. Pour chacun des scénarios, un récit décrivant l'évolution des tendances futures dans la démographie, les différents secteurs d'activités économiques et l'évolution du climat est présentée. Le bilan des utilisations de l'eau et des conflits potentiels en climat futur sont par la suite projetés à l'aide de cartes interprétatives.

Scénario 1

**STATU QUO**

---



## SCÉNARIO 1 – STATU QUO



**Diminution modérée des débits d'étiage : - 39 %**



**13 %**



Pas d'effort de réduction  
Consommation/habitant stable



Croissance  
variable selon  
secteur

Industriel

Pas d'effort de réduction



Ha cultivées et  
cheptel suivent la  
tendance

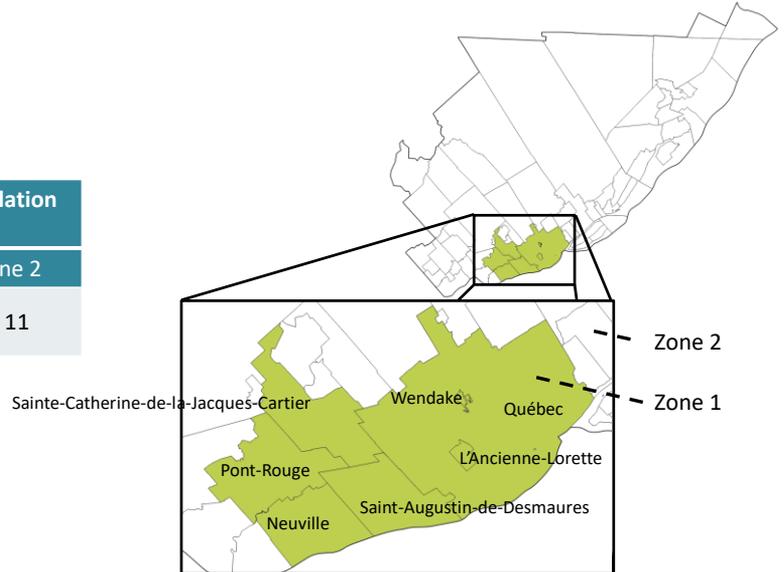
Agricole

Mêmes pratiques d'irrigation

Ce scénario présente un cas où il n'y a aucune proactivité en matière d'adoption de bonnes pratiques ou de révision réglementaire favorisant une gestion plus durable de l'eau. Les prélèvements en eau de tous les secteurs suivent les tendances observées depuis les 20 dernières années.

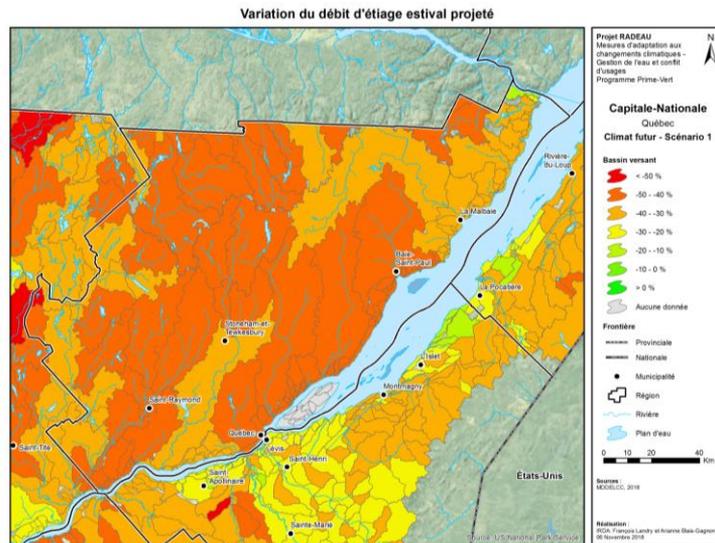
## SCÉNARIO 1 - RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 14	+ 11



Selon les tendances actuelles, la croissance démographique du scénario 1 affecte distinctement deux zones dans la Capitale-Nationale. La zone 1, en vert sur la carte, connaît une croissance démographique plus importante que le reste de la région (zone 2, en blanc). La croissance est basée sur l'évolution du scénario de référence de l'Institut de la statistique du Québec.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



41

Suivant la moyenne des quatre projections de l'Atlas hydroclimatique du Québec utilisées dans le cadre de ce projet (MELCC, 2018), les débits d'étiage ( $Q_{2,7}$ ) sont appelés à diminuer de façon variable (de 30% à 50%) dans les différents sous-bassins versants de la région

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 1 – STATU QUO

- **Consommation totale en hausse vs climat actuel : 143,7 Mm<sup>3</sup>/an (174,3 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Consommation TOTALE	77 % (78 %) <sup>1</sup>	23 % (22 %)	+ 16 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Statu Quo	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	43 %	45 %	65 (54) <sup>1</sup>	+
ICI Réseau	43 %	42 %	61 (54)	+
ICI Hors Réseau	9 %	8 %	11 (10)	+
Agricole	5 %	5 %	7 (7)	+

<sup>1</sup> (Climat actuel)

42

Suivant le scénario du *Statu quo*, la consommation globale en eau augmenterait de **16 %** en climat futur. Les secteurs résidentiel et ICI (industriel, commercial et institutionnel) représenterait la plus forte hausse de consommation en climat futur. Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

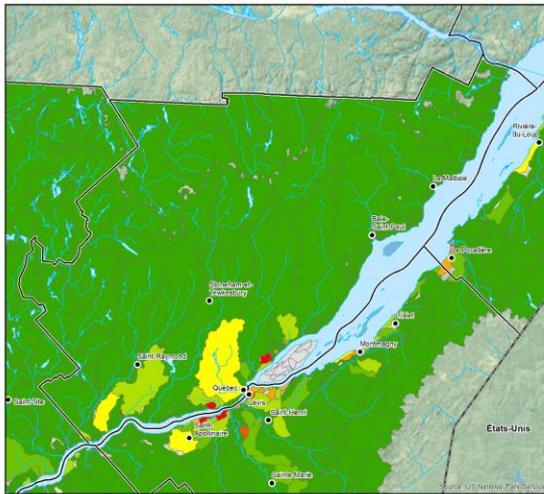
	Actuel (%)	Scénario 1 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Production végétale	45.4	51.5	3.8 (3.0) <sup>1</sup>
Production animale	17.5	15.8	1.2 (1.1)
Production piscicole	37.1	32.7	2.4 (2.4)

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

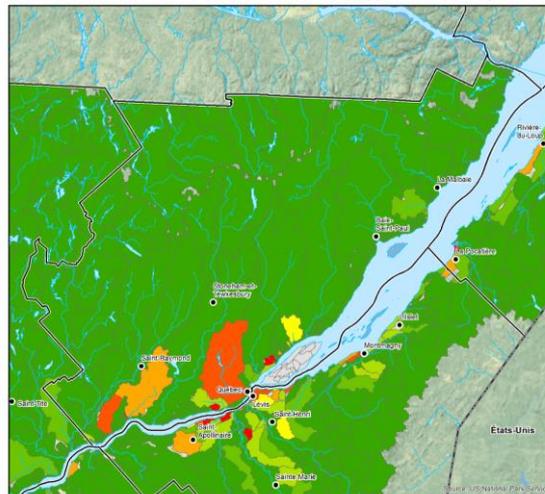
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL



SCÉNARIO 1

Projet RADEAU  
Mesures d'adaptation aux  
changements climatiques -  
Gestion de l'eau et confort  
d'usage  
Programme Prime-Vert

Capitale-Nationale  
Québec  
Climat futur - Scénario 1

Bassin versant

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

Frontière

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

0 10 20 40 km

Source :  
MAMOT, 2017 (juin 2017), IGN, 2014 et 2016,  
MAMOT, 2016 (juin 2016), 2018

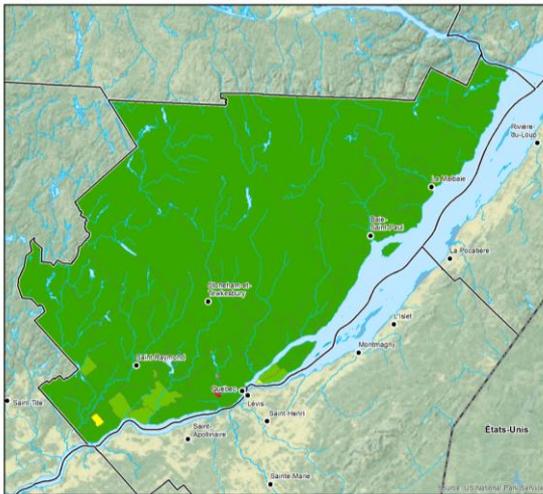
Réalisation :  
GPA, François Lavoie et Armande Blain-Guyon  
20 novembre 2018

Suivant le scénario Statu quo, l'utilisation de l'eau de surface franchit le seuil de 30% dans les bassins où la pression sur la ressource était déjà plus marquée (la Chevrotière, Portneuf, Saint-Charles et aux Chiens).

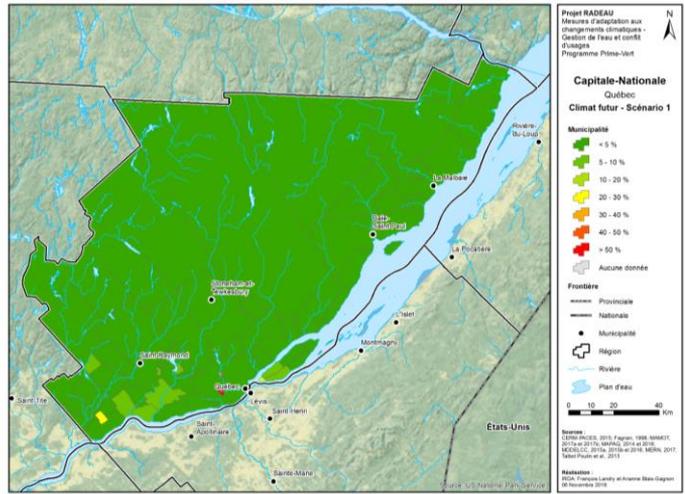
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL



SCÉNARIO 1

Projet RADEAU  
Prévision d'impacts des  
changements climatiques -  
Changement de l'eau et conflit  
d'usages  
Projetation Pima-Vit

Capitale-Nationale  
Québec  
Climat futur - Scénario 1

Municipalité

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

Frontière

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

0 10 20 40 Km

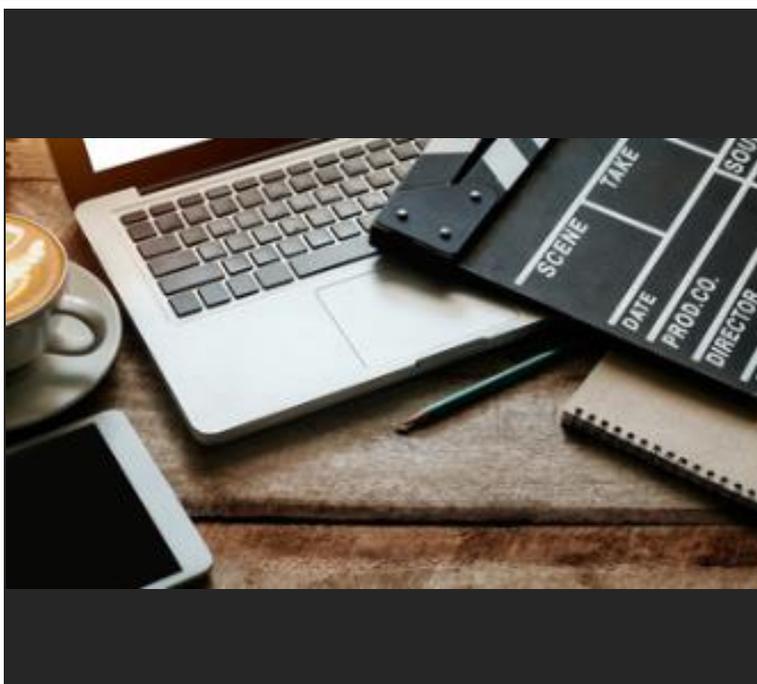
Source :  
Climat Québec 2015, Pima-Vit, 1999, 1999/2017,  
2017 et 2017, Météo, 2017 et 2017,  
Météo, 2017 et 2017, Météo, 2017  
Valéri Proulx et al. 2017

Préparation :  
M3C, Pima-Vit, Landry et Kéroux, 2016  
20 Novembre 2016

Suivant le scénario Statu quo, le portrait de l'utilisation de l'eau souterraine est le même que celui en climat actuel, n'indiquant aucun secteur problématique.

## Scénario 2

### CHALEUR ET SOIF



Il était une fois le Québec en 2050 : depuis l'implantation de politiques très favorables à l'immigration, la population du Québec a augmenté de manière constante et importante, autour des pôles urbains principaux, mais aussi dans les territoires ruraux à proximité. Du fait de cette population croissante, des parcs à vocation commerciale et, d'une manière générale, le secteur de la construction et notamment les industries du sable et des graviers, ont connu de belles années. De même, le récréotourisme s'est développé, avec des activités comme les parcs aquatiques. Cependant, d'autres secteurs ont connu une évolution plus morose, par exemple le secteur des pâtes et papiers qui n'a pas réussi à se renouveler avec des productions à valeur ajoutée. L'industrie du ski s'est également consolidée, il y a eu plusieurs fermetures de centres et ceux qui restent ont augmenté l'usage de la neige artificielle.

De plus, notamment du fait du changement climatique, l'eau a eu tendance à se raréfier. Face à des consommations croissantes, il a été nécessaire de faire évoluer certaines pratiques. Premièrement, l'eau distribuée dans les aqueducs est dorénavant facturée au volume. Ce contrôle de la consommation résidentielle a permis de réduire de 30 % le volume prélevé par habitant par rapport aux consommations de 2015. En ce qui concerne l'agriculture, du fait des changements climatiques, la demande en eau est devenue plus importante : les cultures irriguées se sont fortement développées, principalement dans le secteur des fruits et légumes, du fait de la hausse de l'évapotranspiration, sous précipitations constantes. Les bâtiments d'élevage font aussi l'objet de nouvelles infrastructures de brumisation et d'aspersion, nécessaire pour rafraîchir l'atmosphère et garantir le bien-être des animaux d'élevage.



**Diminution élevée des débits d'étiage : - 63 %**



**↑ 30 %**



**↓ 30 %**

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



**↑** Forte  
croissance  
économique



**↑** Ha cultivées irriguées  
Augmentation des besoins  
en eau pour l'irrigation

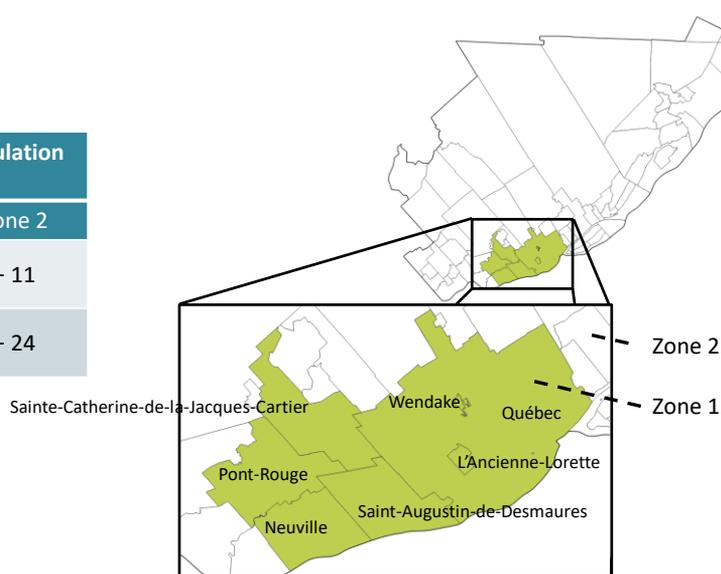
Industriel Effort modéré de réduction

Agricole

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) conjugue une baisse substantielle des débits d'étiage avec une forte croissance de la population et de l'économie, et un effort modéré de la réduction de l'eau en milieu industriel. Alors que la consommation *per capita* en milieu résidentiel est réduite, il y a une augmentation substantielle des besoins en irrigation en milieu agricole.

## SCÉNARIO 2 - RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 14	+ 11
Scénario 2 – ISQ fort	+ 31	+ 24



Selon les tendances actuelles, la croissance démographique du scénario 2 affecte distinctement deux zones. L'évolution de la population est basée sur le scénario de croissance dit fort de l'Institut de la statistique du Québec.

## SCÉNARIO 2 – HYPOTHÈSE POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur une croissance économique annuelle forte sur la période (sauf papier)
- Effort de réduction modéré dans la consommation d'eau

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication de pâtes et papier	-25
Récréotourisme	20
Produits non métalliques	96

---

48

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) reflète une forte croissance du secteur industriel, à l'exception du secteur de la fabrication des pâtes et papier qui, dans ce scénario, n'a pas réussi à se renouveler avec des productions à valeur ajoutée.

## SCÉNARIO 2 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

	Évolution des volumes (mm)
P	-22
ETP	+51
P – ETP	-73

- Irrigation pour la pommes de terre
  - Pommes de terre + 48mm (91mm)

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Pommes de terre	10 %	40% (20%)
Arbustes, conifères, vivaces, rosiers et feuillus en conteneur	50 %	(100%)
Fraises d'automne	20 %	(100%)
Fraises hautes densités	10 %	(100%)
Framboises	25%	(100%)
Tomate serre	100 %	(100%)
Fraises d'été	10 %	100 % (75%)

49

Le scénario climatique d'Ouranos retenu pour le récit « Chaleur et soif » (no.2) entraîne une hausse significative des besoins en eau, du fait de l'aggravation du déficit hydrique (-73 mm), principalement sous l'effet de la hausse de l'évapotranspiration. En conséquence, nous avons ajusté les besoins en eau futurs sur la base de ce déficit hydrique plus important et avons également avancé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées et des pourcentages de ces superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050.

À noter que les chiffres entre parenthèses correspondent à la situation actuelle et ceux présentés sans parenthèses correspondent à la période future. Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport final du projet.

## SCÉNARIO 2 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

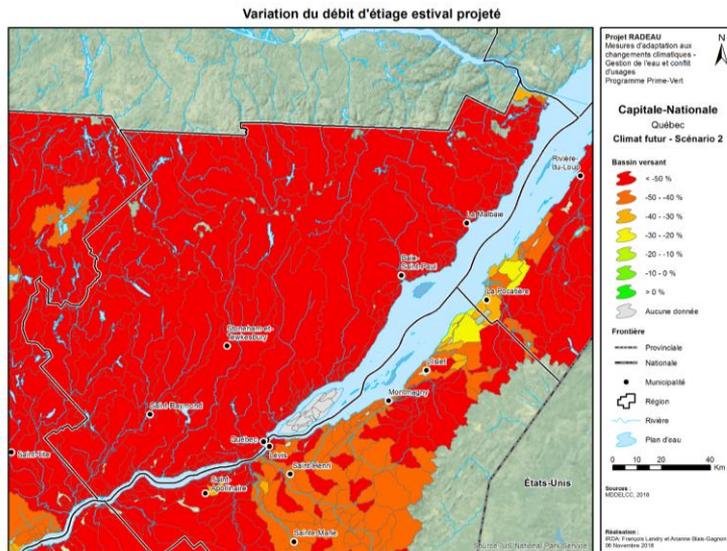
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : stable
    - Bovins boucherie : - 20 %
    - Ovin : + 50 %
    - Avicole : + 40 %
    - Porcin : + 20 %
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : 3 m<sup>3</sup>/vache/été, 15 L/porc/été
  - Lavage des bâtiments : stable

---

50

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Chaleur et soif » (no.2) suivant l'hypothèse que le cheptel laitier resterait stable, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait de 20%, alors que les cheptels ovins, avicole et porcin connaîtraient une hausse. Les besoins en eau pour chaque animal augmenteraient sous l'effet de la hausse de température, de manière marginale pour l'abreuvement et pour le refroidissement des bâtiments.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



51

Le scénario « Chaleur et soif » (no.2) est associé à la projection de débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ) la plus pessimiste de l'atlas hydroclimatique du Québec (MELCC, 2018), avec une réduction élevée de 63% à l'échelle de la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 2

- **Consommation totale en légère baisse vs climat actuel : 121,9 Mm<sup>3</sup>/an (149,8 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Consommation TOTALE	77 % (78 %) <sup>1</sup>	23 % (22 %)	- 2 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 2	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	43 %	42 %	52 (54) <sup>1</sup>	-
ICI Réseau	43 %	40 %	49 (54)	-
ICI Hors Réseau	9 %	9 %	11 (10)	+
Agricole	5 %	9 %	11 (7)	+

<sup>1</sup> (Climat actuel)

52

Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la consommation globale diminuerait légèrement de **2 %** en climat futur. Si le secteur résidentiel parvient efficacement à contenir sa consommation par rapport à la situation actuelle, les prélèvements pour les industries hors réseaux augmenteraient. La sévérité du changement climatique entraînerait une augmentation importante des besoins en irrigation des cultures, due à l'évolution des superficies cultivées et aux pourcentages de ces superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

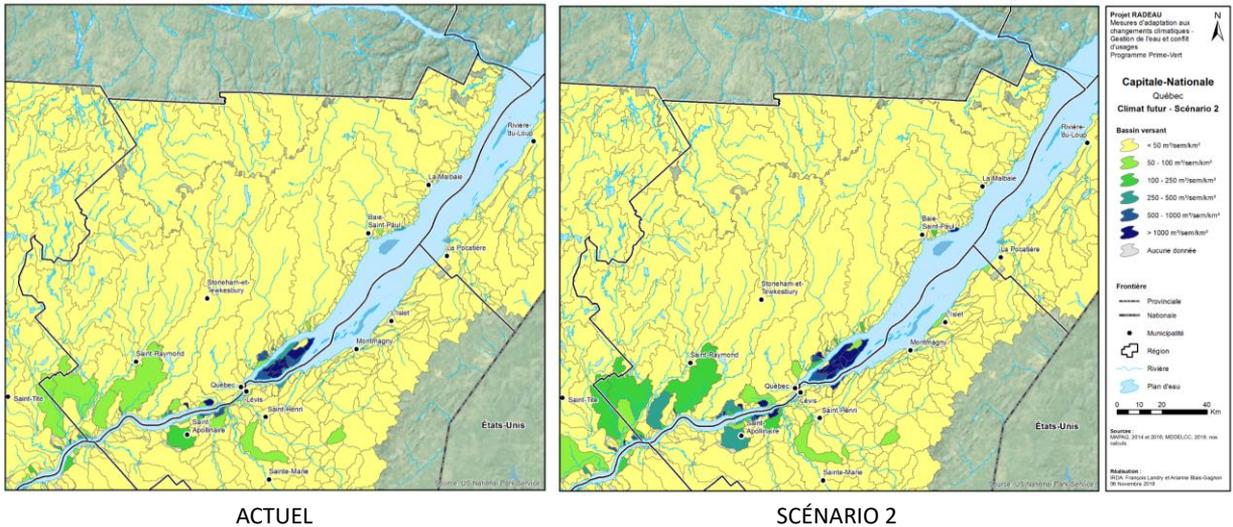
	Actuel (%)	Scénario 2 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Production végétale	45.4	64.6	6.8 (3.0) <sup>1</sup>
Production animale	17.5	12.4	1.3 (1.1)
Production piscicole	37.1	23.0	2.4 (2.4)

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

# PROJECTION DES CONSOMMATIONS EN EAU DE SURFACE DU SECTEUR AGRICOLE

Consommations d'eau de surface pour la production agricole

Consommations d'eau de surface pour la production agricole



ACTUEL

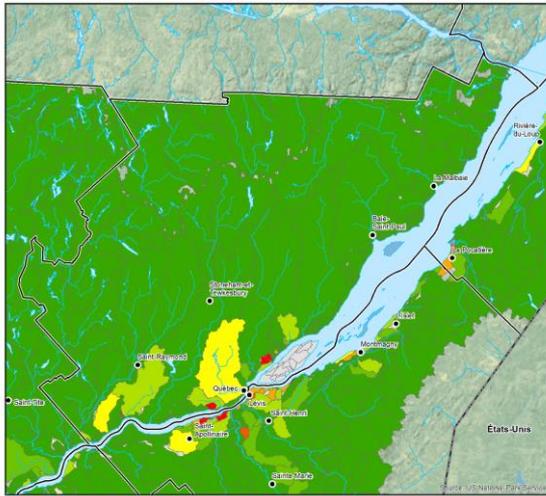
SCÉNARIO 2

Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), les projections de consommation d'eau de surface en climat futur du secteur agricole augmentent légèrement dans les sous-bassins aval de la rivière Sainte-Anne (Charest, Blanche et Niagarette) et dans les bassins des rivières la Chevrotière, Portneuf et Cap-Rouge. Les consommations par km<sup>2</sup> restent faibles dans le reste du territoire.

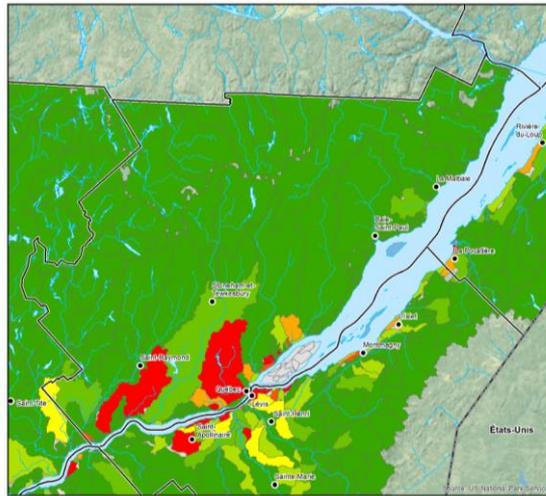
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

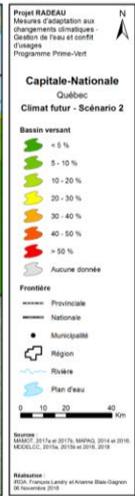
Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL



SCÉNARIO 2

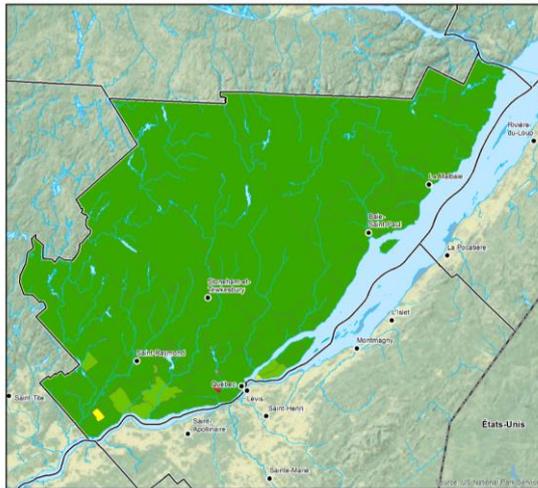


Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), la pression sur l'eau de surface serait considérablement accentuée jusqu'à dépasser le seuil de 50% du débit d'étiage dans les bassins versants des rivières la Chevrotière, Portneuf et Saint-Charles.

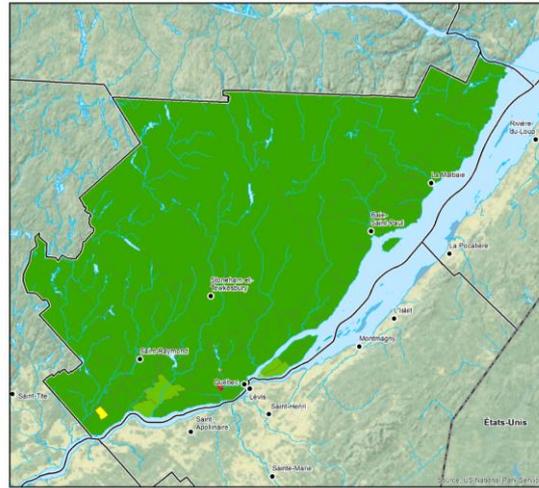
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge

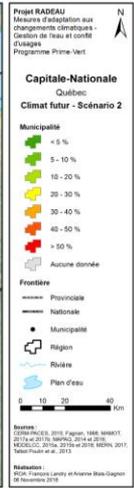
Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL



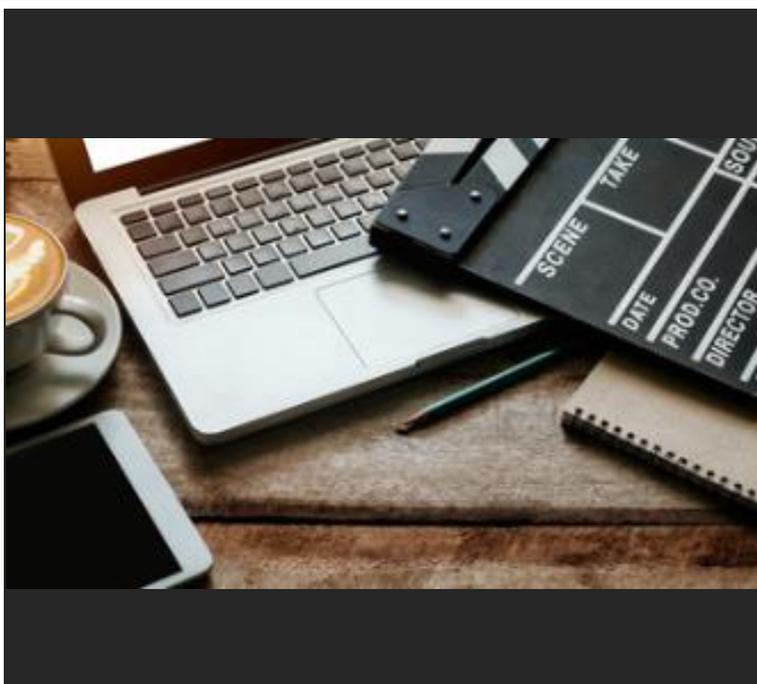
SCÉNARIO 2



Suivant le scénario « Chaleur et soif » (no.2), il y a peu d'évolutions des indices de pression sur l'eau souterraine.

### Scénario 3

## CHALEUR ET INTERDITS



Il était une fois le Québec en 2050 : du fait du changement climatique, la disponibilité de l'eau de surface en période estivale a diminué. Une meilleure gestion de la ressource est donc devenue nécessaire. Parmi les mesures qui ont été prises à l'échelle provinciale, notons celle de la taxation de l'eau à un niveau supérieur et pour toutes les industries, commerces et institutions, incluant le secteur agricole. Cette mesure a entraîné une amélioration des procédés industriels consommant de l'eau, et ainsi une réduction de la consommation.

L'évolution de la population, somme toute raisonnable, a eu un effet limité sur la demande en eau. L'usage de l'eau a même diminué dans le secteur résidentiel, notamment par une permission plus restreinte de l'eau pour des usages tels le lavage des voitures, mais aussi du fait d'un changement de comportement des citoyens suite à de nombreuses campagnes de sensibilisation. La faible augmentation de la population et du tourisme international n'ont pas justifié l'essor de l'industrie récréotouristique.

Les cultures maraîchères et fruitières ont connu un développement modéré, de même que l'irrigation puisque le déficit hydrique ne s'est pas aggravé. Les élevages laitiers et avicoles se sont fortement consolidés suite à l'assouplissement des barrières tarifaires qui a dû être concédé sous la pression internationale. Le cheptel laitier a diminué de 40 %, alors que le cheptel avicole est resté stable en nombre d'animaux. Les sites d'élevage restant sont de plus grande taille et se traduisent par des densifications d'élevage dans certaines régions et zones. Les élevages porcins et ovins ont quant à eux connus une croissance, sous l'effet d'une demande mondiale en produits carnés de qualité. Pour toutes les productions animales en bâtiment, des procédés de refroidissement des bâtiments et des animaux (ex. : ventilation, brumisation) ont été adoptés.

Enfin, à la faveur de mouvement favorisant la consommation d'autres protéines que celles de sources animales, la consommation de poisson a augmenté. L'industrie piscicole québécoise a profité de ce marché plus dynamique pour se développer en circuit fermé.



**Diminution modérée des débits d'étiage : - 42 %**



**13 %**



**15 %**

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance économique variable par secteur

Effort important de réduction (↑taux facturé et à tout secteur)



Agricole



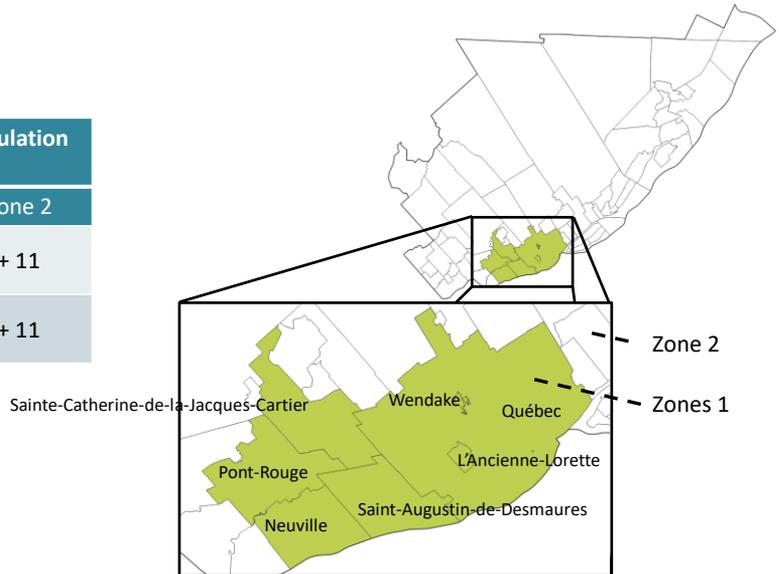
Hausse des ha cultivées irriguées

Forte hausse des besoins en eau pour l'irrigation

Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) conjugue une baisse modérée des débits d'étiage (-42 %) du fait du changement climatique relativement contenu, avec une faible croissance de la population et des besoins en eau de l'industrie, voire une réduction du secteur résidentiel en lien avec une facturation au volume. En production agricole, la hausse des superficies irriguées demeure faible, à l'instar des besoins en eau des cultures.

### SCÉNARIO 3 - RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 14	+ 11
Scénario 3 – Référence ISQ	+ 14	+ 11



Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) implique une croissance de la population identique à celle du scénario du Statu quo (scénario 1).

### SCÉNARIO 3 – HYPOTHÈSE POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique
- Effort de réduction élevé dans la consommation d'eau

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication de pâtes et papier	-20
Récréotourisme	5
Produits non métalliques	70

Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) reflète la croissance historique du secteur industriel, pondérée par un effort de réduction élevé de l'utilisation de l'eau.

## SCÉNARIO 3 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

	Évolution des volumes (mm)
P	+21
ETP	+38
P – ETP	-18

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Pommes de terre	Stable	40% (20%)
Arbustes, conifères, vivaces, rosiers et feuillus en conteneur	25 %	(100%)
Fraises d'automne	Stable	(100%)
Fraises hautes densités	Stable	(100%)
Framboises	Stable	(100%)
Tomate serre	75 %	(100%)
Fraises d'été	Stable	100 % (75%)

- Besoins stables
  - Pommes de terre + 22mm (91mm)

60

Pour le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), les projections climatiques d'Ouranos entraineraient une augmentation modérée des besoins en eau par rapport au climat actuel.

Cette hausse serait liée à une augmentation de l'ETP compensée en partie par une légère augmentation des précipitations durant l'été. Nous avons également réalisé des hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées et des parts de superficies qui seraient effectivement irriguées en 2050 : certaines superficies des cultures irriguées augmenteraient sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance des marchés, et la proportion de superficie irriguée augmenterait également du fait de l'augmentation du déficit hydrique.

À noter que dans le tableau de droite, les chiffres entre parenthèses correspondent à la situation actuelle et ceux présentés sans parenthèses correspondent à la période future. Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport final du projet.

### SCÉNARIO 3 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

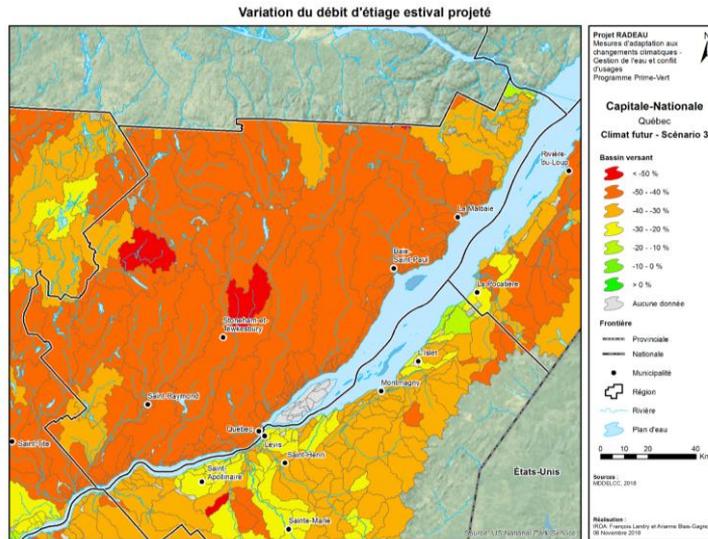
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : - 40 %
    - Bovins boucherie : - 40 %
    - Ovin : stable
    - Avicole : stable
    - Porcin : + 20%
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : 3 m<sup>3</sup>/vache/été, 15 L/porc/été
  - Lavage des bâtiments : stable

---

61

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), suivant l'hypothèse que le cheptel laitier diminuerait sous l'effet de l'assouplissement des barrières tarifaires, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait de manière importante, alors que l'évolution des cheptels ovin, avicole et porcin serait stable. Les besoins en eau pour chaque animal augmenteraient légèrement sous l'effet de la hausse de température, à la fois pour l'abreuvement et pour le refroidissement des bâtiments.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



Le scénario « Chaleur et interdits » (no.3) est associé à une projection modérée de la réduction du débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ), soit de l'ordre de 42 %, en moyenne pour la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 3

- **Consommation totale en légère hausse vs climat actuel : 126,3 Mm<sup>3</sup>/an (151,8 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Consommation TOTALE	76 % (78 %) <sup>1</sup>	24 % (22 %)	+ 2 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 3	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	43 %	44 %	55 (54) <sup>1</sup>	+
ICI Réseau	43 %	41 %	52 (54)	-
ICI Hors Réseau	9 %	8 %	10 (10)	-
Agricole	5 %	7 %	9 (7)	+

<sup>1</sup> (Climat actuel)

63

Suivant le scénario « Chaleur et interdits » (no.3), la consommation globale augmenterait légèrement de **2 %** en climat futur dans la région. Les secteurs résidentiels et ICI parviennent à limiter leurs consommations par rapport à la situation actuelle. La hausse des superficies irriguées entrainerait une augmentation limitée des besoins en irrigation des cultures, en raison d'un changement climatique qui demeure modéré.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 3 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Production végétale	45.4	54.8	5.1 (3.0) <sup>1</sup>
Production animale	17.5	11.5	1.1 (1.1)
Production piscicole	37.1	33.7	3.2 (2.4)

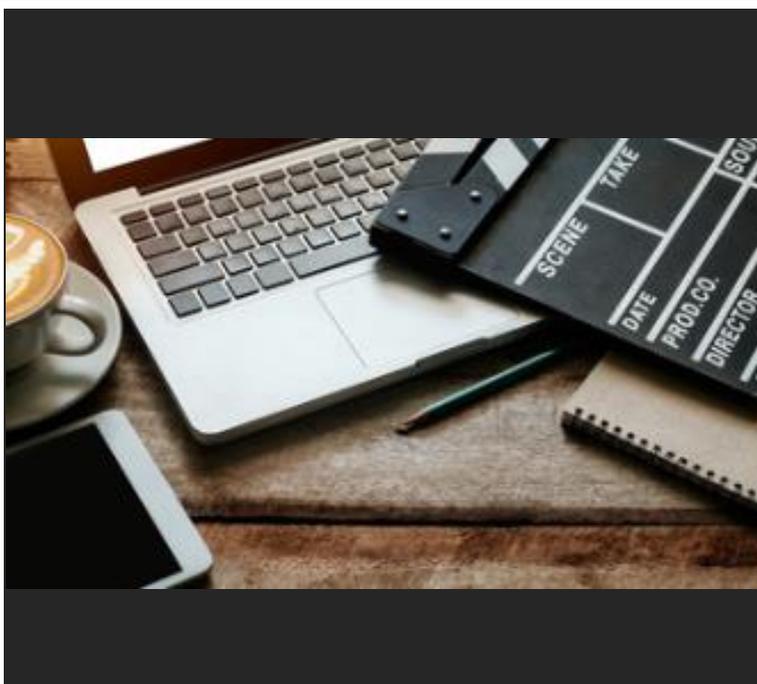
<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.





#### Scénario 4

### TEMPÉRÉ ET DENSE



Il était une fois le Québec en 2050 : du fait d'un effort global, les changements climatiques ont pu être contenus et leurs impacts au Québec, bien que ressentis, sont inférieurs aux scénarios les plus pessimistes. Néanmoins, des changements importants sont survenus dans les dernières décennies, notamment du fait de la forte croissance de la population : un flux immigratoire important s'observe au Canada comme le pays est relativement épargné des impacts négatifs des changements climatiques. À cette forte augmentation de population s'est combinée une forte augmentation des industries manufacturières du fait de la disponibilité de main-d'œuvre, ainsi que le développement des parcs commerciaux et autres industries de la construction. L'industrie récréotouristique a subi une croissance économique modérée suivi d'une augmentation de son usage d'eau, notamment pour la neige artificielle pour les centres de ski.

Afin de limiter l'impact des besoins en eau pour le secteur résidentiel, en croissance du fait de l'augmentation de la population, des compteurs d'eau ont été installés dans chaque domicile afin de sensibiliser sur une base individuelle et encourager une limite de consommation.

Les cultures irriguées ont connu des augmentations importantes de superficie, notamment les produits maraîchers et légumes de transformation, afin d'approvisionner un marché en forte croissance ici et ailleurs. La viande blanche de volaille a pris une part plus importante dans le régime alimentaire des québécois, au détriment de la viande rouge particulièrement celle du bœuf et du veau. Les élevages avicoles se sont donc développés.



**Diminution faible des débits d'étiage : - 19 %**



**30 %**



**21 %**

Eau facturée  
Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance  
économique  
variable par secteur

Effort modéré de réduction



Agricole

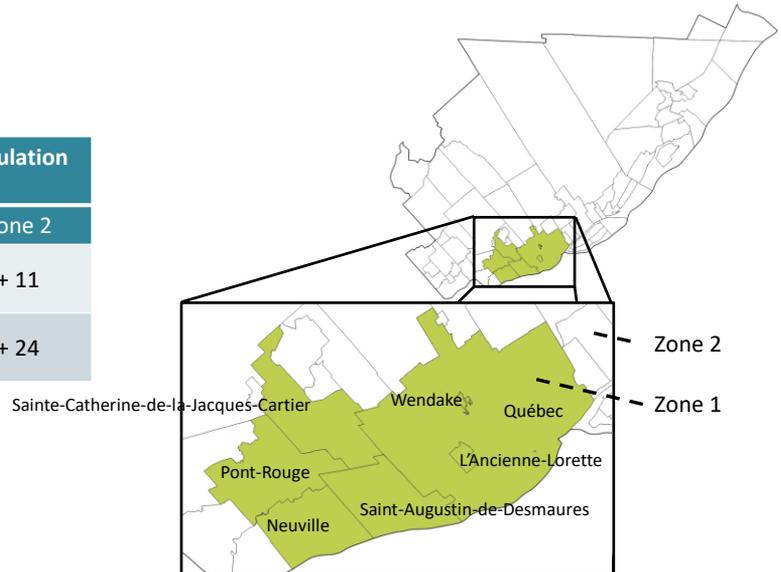


Faible hausse des ha  
cultivées irriguées  
Faible hausse des besoins  
en eau pour l'irrigation

Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) conjugue une faible baisse des débits d'étiage (-19 %) avec une forte croissance de la population et de l'économie, et un effort modéré de réduction de consommation d'eau dans le secteur industriel. La consommation per capita en milieu résidentiel est réduite, et il y a une faible hausse des besoins en irrigation en milieu agricole.

## SCÉNARIO 4 - RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 14	+ 11
Scénario 4 – ISQ fort	+ 31	+ 24



Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) implique une forte croissance démographique, au-delà des tendances des dernières années.

## SCÉNARIO 4 – HYPOTHÈSE POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique annuelle de 1% (incluant papier)
- Effort de réduction modéré dans la consommation d'eau

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication de pâtes et papier	15
Récréotourisme	10
Produits non métalliques	95

Le scénario « Tempéré et dense » (no. 4) reflète une forte croissance du secteur industriel, incluant le secteur des pâtes et papier qui a renouvelé son portefeuille de produits et s'est adapté, et des efforts modérés dans la réduction de l'utilisation de l'eau.

## SCÉNARIO 4 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Évolution des volumes (mm)			Var. superficies cultivées	% ha irriguées
P	+39	Pommes de terre	5%	(20%)
ETP	+28	Arbustes, conifères, vivaces, rosiers et feuillus en conteneur	30 %	(100%)
P – ETP	+11	Fraises d'automne	5%	(100%)
		Fraises hautes densités	5%	(100%)
		Framboises	5%	(100%)
		Tomate serre	75 %	(100%)
		Fraises d'été	5%	(75%)

- Besoins en augmentation

- Pommes de terre + 15mm (91mm)

70

Pour le scénario « Tempéré et dense » (no.4), les projections climatiques d'Ouranos retenues entraînent une faible augmentation des besoins en eau par rapport au climat actuel, due probablement à l'irrégularité des précipitations durant la saison estivale. La diminution du déficit hydrique estival (+ 11 mm) est expliquée par la hausse des précipitations estivales plus importante que celle de l'évapotranspiration. Nous avons également émis des hypothèses favorisant l'augmentation des superficies cultivées sous irrigation, notamment la production serricole. La part des superficies sous irrigation en 2050 serait stable du fait de la faible hausse des besoins en eau.

Le détail des hypothèses est présenté dans le chapitre 6 du rapport final du projet.

## SCÉNARIO 4 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

---

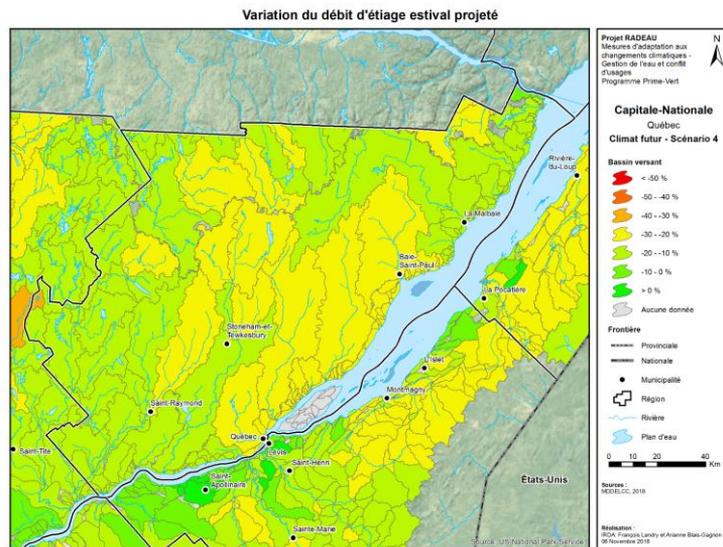
- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
  - Évolution du cheptel:
    - Bovin lait : - 25 %
    - Bovins boucherie : - 30 %
    - Ovin : + 50 %
    - Avicole : + 40 %
    - Porcin : + 20 %
  - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
  - Besoins en eau pour le refroidissement : pas de hausse puisque température estivale modérée
  - Lavage des bâtiments : stable

---

71

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario 4 suivant l'hypothèse que le cheptel laitier suivrait la tendance actuelle (- 25 %), que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait de 30 %, alors que les cheptels ovin et avicole connaîtraient des hausses importantes et que le secteur porcin subirait une hausse plus modérée. Les besoins en eau pour chaque animal resteraient stables puisque la hausse de température serait modérée dans ce quatrième scénario climatique.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



72

Le scénario « Tempéré et dense » (no.4) est associé à une projection de réduction relativement faible du débit d'étiage, soit de l'ordre de 19 %, en moyenne pour la région.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCENARIO 4

- **Consommation totale en légère hausse vs climat actuel : 132,3 Mm<sup>3</sup>/an (165,7 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Consommation TOTALE	77 % (78 %) <sup>1</sup>	23 % (22 %)	+ 7 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 4	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	43 %	44 %	58 (54) <sup>1</sup>	+
ICI Réseau	43 %	41 %	55 (54)	+
ICI Hors Réseau	9 %	9 %	12 (10)	+
Agricole	5 %	6 %	7 (7)	+

<sup>1</sup> (Climat actuel)

73

Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), la consommation globale augmenterait de **7 %** en climat futur dans la région. La consommation des secteurs résidentiel et ICI seraient en croissance, contenue en partie par le recours aux compteurs d'eau. La hausse des superficies irriguées entrainerait une augmentation des besoins en irrigation des cultures, alors que le changement climatique demeurerait modéré.

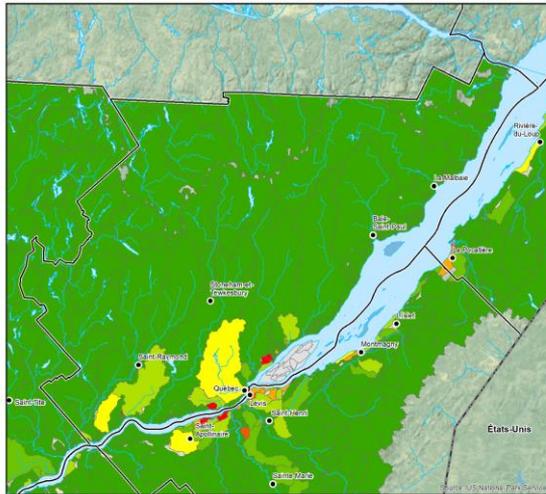
Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

	Actuel (%)	Scénario 4 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Production végétale	45.4	50.7	3.8 (3.0) <sup>1</sup>
Production animale	17.5	16.8	1.3 (1.1)
Production piscicole	37.1	32.5	2.4 (2.4)

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

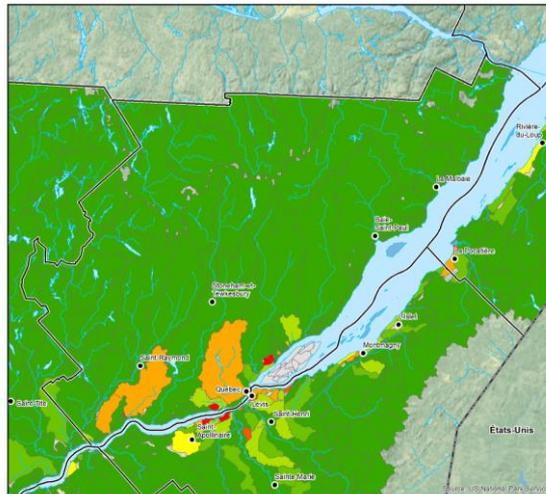
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



ACTUEL

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



SCÉNARIO 4

Projet RADEAU  
Mesures d'adaptation aux  
changements climatiques -  
Gestion de l'eau et conflit  
d'usage  
Programme Prime-Vert

Capitale-Nationale  
Québec  
Climat futur - Scénario 4

Bassin versant

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

Frontière

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

États-Unis

0 10 20 30 Km

Source  
LAMOTTE, 2017 (sur 2017); MATHÉ, 2014 et 2016;  
MATHÉ, 2016; 2018 (sur 2018)

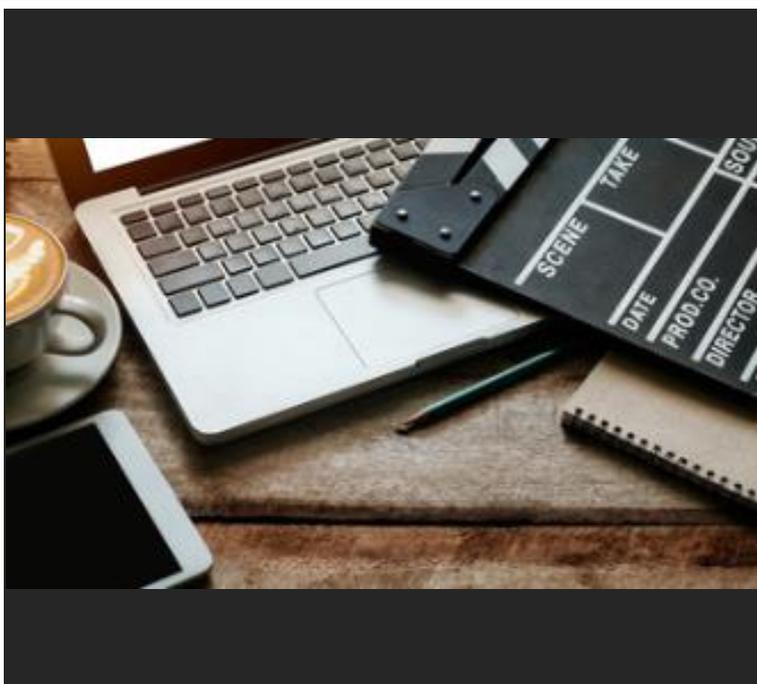
Réalisation  
ÉCOLE Polytechnique et Arsenault Blais Gagnon  
08 novembre 2018

Suivant le scénario « Tempéré et dense » (no.4), l'utilisation de l'eau de surface franchit le seuil de 30% dans les bassins où la pression sur la ressource était déjà plus marquée (la Chevrotière, Portneuf, Saint-Charles et aux Chiens).



## Scénario 5

### TEMPÉRÉ ET URBAIN



Il était une fois le Québec en 2050 : la croissance démographique moyenne connue dans la province au cours de la dernière décennie n'a pas permis de contrebalancer l'effet de l'exode rural observé de manière un peu plus marquée depuis les années 2000. La dévitalisation des régions s'est poursuivie avec un recul démographique. La population se concentre maintenant de façon encore plus forte dans les principaux pôles urbains, posant des problèmes d'alimentation en eau. Cet enjeu a conscientisé les usagers résidentiels en zone urbaine sur la valeur de la ressource eau, les amenant à réduire leur consommation d'eau à la maison et à se munir d'équipements plus efficace (ex. pompe de douche à débit réduit). Les municipalités ont aussi limité des usages tels le remplissage estival des piscines.

Le territoire se divise donc clairement entre, d'une part, les régions où s'est imposée la production industrielle et d'autre part, les régions dominées par les activités récréotouristiques et fréquentées par les résidents des pôles urbains. L'industrie récréotouristique a donc augmenté son usage d'eau suite à une forte croissance des centres de villégiatures. Les hivers étant plus doux, les centres de ski ont augmenté l'usage de la neige artificielle.

En ce qui concerne l'agriculture, elle a subi des mutations importantes : l'élevage porcin, du fait de la mise en œuvre de pratiques de bien-être animal soutenues depuis le tournant des années 2020, a bénéficié d'une nouvelle acceptabilité sociale et a pu profiter de la forte demande du marché international pour se développer. La production de fruits et légumes, ainsi que la production serricole, se sont développées pour répondre à la demande des consommateurs urbains friands de produits frais, tant au Québec que sur la côte est américaine. En particulier, il y a eu une multiplication de serres de petites tailles et à l'autre extrême l'expansion de parcs serricoles d'envergure (50 ha et plus). Néanmoins, des normes sanitaires resserrées et la mauvaise qualité de l'eau de surface ont rendu obligatoire l'usage d'eau souterraine pour l'irrigation des fruits et légumes.

Enfin, la production horticole ornementale s'est également développée, stimulée par un recours plus important aux infrastructures vertes et aux espaces verts par les municipalités dans la gestion de leurs risques climatiques (contrôle des îlots de chaleur, qualité de l'air, etc.).



**Diminution modérée des débits d'étiage : - 33 %**



**13 %**



**32 %**

Baisse consommation/habitant



Industriel



Croissance économique variable par secteur

Effort modéré de réduction



Agricole



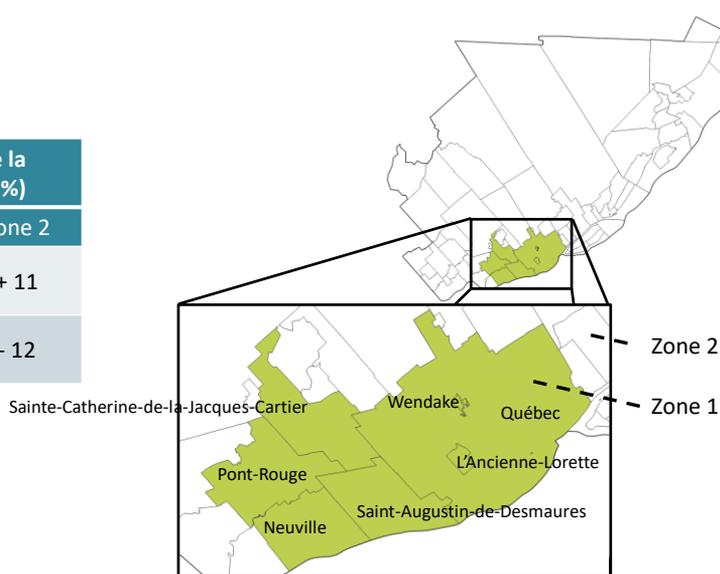
Hausse des ha cultivées irriguées

Faible augmentation des besoins en eau pour l'irrigation  
Eau souterraine seulement

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) conjugue une baisse sensible des débits d'étiage (-33 %) avec une faible croissance de la population et un faible effort de réduction des consommation d'eau en milieu industriel. Alors que la consommation per capita en milieu résidentiel est réduite, il y a une augmentation substantielle des besoins en irrigation en milieu agricole, uniquement de source souterraine.

## SCÉNARIO 5 - RÉPARTITION DE LA CROISSANCE DE LA POPULATION

Scénario	Évolution de la population (%)	
	Zone 1	Zone 2
Scénario 1 – Référence ISQ	+ 14	+ 11
Scénario 5 – Référence ISQ + exode rural	+ 19	- 12



Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) implique un accroissement de la croissance démographique dans la principale zone urbanisée (zone 1), alors que les autres secteurs ruraux de la région, dans l'ensemble, connaissent une baisse de leur population due à une hypothèse d'exode rural.

## SCÉNARIO 5 – HYPOTHÈSE POUR LES PRÉLÈVEMENTS INDUSTRIELS

---

- Basé sur la croissance économique historique modéré
- Effort modéré de réduction dans la consommation d'eau

Principaux secteurs industriels	Évolution du volume (%)
Fabrication de pâtes et papier	5
Récréotourisme	10
Produits non métalliques	80

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) reflète une croissance modérée du secteur industriel, et peu d'efforts dans la réduction de l'utilisation de l'eau.

## SCÉNARIO 5 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS VÉGÉTALES

	Évolution des volumes (mm)
P	+17
ETP	+30
P – ETP	-13

	Var. superficies cultivées	% ha irriguées
Pommes de terre	5 %	(20%)
Arbustes, conifères, vivaces, rosiers et feuillus en conteneur	75 %	(100%)
Fraises d'automne	5 %	(100%)
Fraises hautes densités	5 %	(100%)
Framboises	5 %	(100%)
Tomate serre	200 %	(100%)
Fraises d'été	5 %	(75%)

- Besoins stables

- Pommes de terre + 16mm (91mm)

Pour le « Tempéré et urbain » (no.5), le scénario climatique tempéré retenu implique que la hausse projetée des précipitations compenserait en partie la hausse modérée de l'évapotranspiration découlant de l'augmentation de la température, ce qui se traduit par un déficit hydrique estival en légère hausse par rapport au climat actuel. Les besoins en eau des cultures seraient donc en légère augmentation. Les hypothèses quant aux évolutions des superficies cultivées en 2050 impliquent que certaines superficies augmenteraient sous l'effet de la croissance démographique et de la croissance des marchés, mais le pourcentage de ces superficies sous irrigation resterait stable.

## SCÉNARIO 5 – ÉVOLUTIONS DES BESOINS EN EAU POUR L'AGRICOLE – PRODUCTIONS ANIMALES

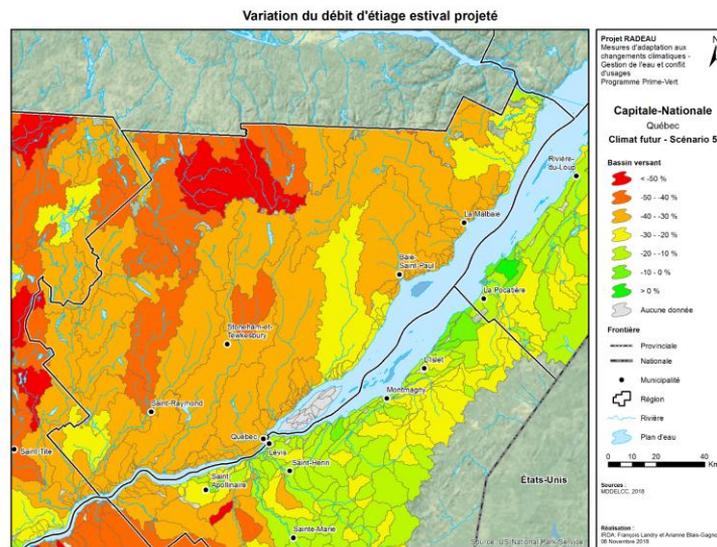
---

- Animaux (abreuvement, lavage des bâtiments, refroidissement) :
    - Évolution du cheptel:
      - Bovin lait : - 10 %
      - Bovins boucherie : - 20 %
      - Ovin : + 50 %
      - Avicole : + 50 %
      - Porcin : + 40 %
    - Besoins en eau pour l'abreuvement : faibles hausses
    - Besoins en eau pour le refroidissement : pas de hausse puisque température estivale plus modérée
    - Lavage des bâtiments : stable
- 

81

Les besoins en eau des animaux ont été projetés pour le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) suivant l'hypothèse que le cheptel laitier diminuerait légèrement sous l'effet de la hausse de la productivité, que le cheptel de bovins de boucherie diminuerait aussi légèrement, alors que les cheptels ovin, avicole et porcin connaîtraient des hausses importantes, permises par une acceptabilité sociale retrouvée. Les besoins en eau pour chaque animal resteraient stables puisque la hausse de température serait modérée dans ce scénario climatique.

## VARIATION DES DÉBITS D'ÉTIAGE ESTIVAUX



82

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction modérée du débit d'étiage de l'ordre de 33 %, en moyenne pour la région d'étude.

## BILAN HYDRIQUE RÉGIONAL DES PRÉLÈVEMENTS D'EAU – SCÉNARIO 5

- **Consommation totale en baisse vs climat actuel : 105,3 Mm<sup>3</sup>/an (137,5 Mm<sup>3</sup>/an prélevés)**

	% d'eau de surface	% d'eau souterraine	Δ vs actuel
Consommation TOTALE	78 % (78 %) <sup>1</sup>	22 % (22 %)	- 15 %

- **Changement dans la répartition entre les usagers**

	Actuel	Scénario 5	Volume ( Mm <sup>3</sup> )	Δ vs actuel
Résidentiel	43 %	42 %	44 (54) <sup>1</sup>	-
ICI Réseau	43 %	39 %	42 (54)	-
ICI Hors Réseau	9 %	11 %	12 (10)	+
Agricole	5 %	8 %	8 (7)	+

<sup>1</sup> (Climat actuel)

83

Suivant le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) la consommation globale en eau diminue en climat futur dans la région, compte tenu des projections de réduction dans la consommation des secteurs résidentiel et ICI réseau. Celles-ci sont contrebalancées par l'augmentation sensible des besoins en eau pour l'irrigation des cultures, en lien avec l'augmentation des superficies cultivées en 2050 sous l'effet de la croissance démographique dans la région et de la croissance des marchés.

Les changements dans la répartition de l'eau entre les usagers du milieu agricole par rapport au total de leurs consommations sont projetés comme suit en climat futur:

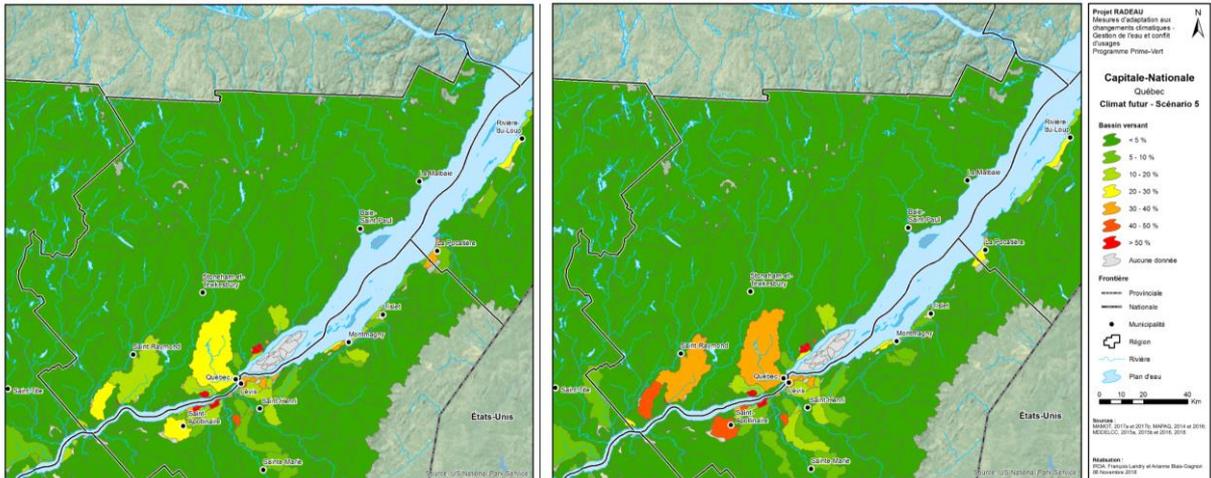
	Actuel (%)	Scénario 3 (%)	Volume (Mm <sup>3</sup> /an)
Production végétale	45.4	55.4	4.6 (3.0) <sup>1</sup>
Production animale	17.5	15.6	1.3 (1.1)
Production piscicole	37.1	29.0	2.4 (2.4)

<sup>1</sup> Les chiffres entre parenthèses indiquent les consommations en climat actuel.

# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU DE SURFACE PAR RAPPORT AU DÉBIT D'ÉTIAGE

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage

Utilisation de l'eau de surface par rapport au débit d'étiage



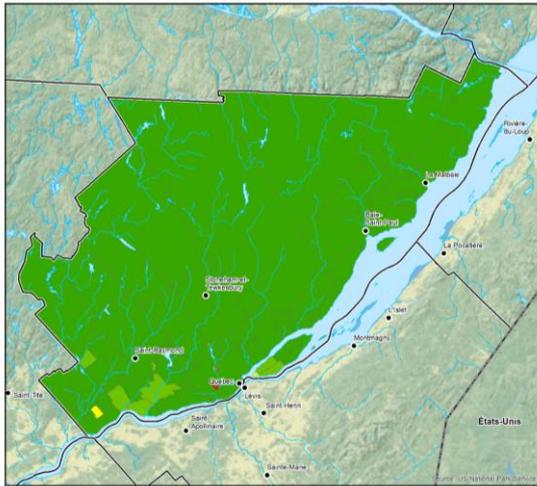
ACTUEL

SCÉNARIO 5

Le scénario « Tempéré et urbain » (no.5) est associé à une projection de réduction moyenne de débit d'étiage ( $Q_{2,7}$ ) de l'ordre de 33 % pour la région. Les indices de pression de l'utilisation de l'eau de surface en climat futur augmentent légèrement par rapport au portrait brossé en climat actuel. Le recours aux seules sources souterraines pour l'irrigation des cultures limite l'augmentation de la valeur des indices pour les bassins où se concentrent les productions agricoles, antérieurement irriguées en partie par l'eau de surface.

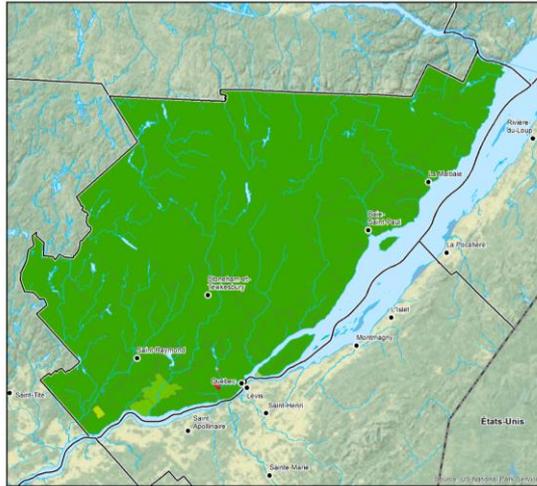
# PROJECTION DE L'UTILISATION DE L'EAU SOUTERRAINE PAR RAPPORT À LA RECHARGE

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



ACTUEL

Utilisation de l'eau souterraine par rapport à la recharge



SCÉNARIO 5

Projet RADEAU  
Mesures d'adaptation aux changements climatiques -  
Gestion de l'eau et conflit d'usage  
Programme Prime-Vert

Capitale-Nationale  
Québec  
Climat futur - Scénario 5

Municipalité

- < 5 %
- 5 - 10 %
- 10 - 20 %
- 20 - 30 %
- 30 - 40 %
- 40 - 50 %
- > 50 %
- Aucune donnée

Frontière

- Provinciale
- Nationale
- Municipalité
- Région
- Rivière
- Plan d'eau

Échelle : 0 10 20 40 Km

Source :  
CORNER, 2013; PAGES, 1998; CORNER,  
2011a et 2011b; WATSON, 2014 et 2016;  
AGDC/CC 2016; D'AMÉLIO, 2016; WELLS,  
Tabor-Fraser et al., 2013

Remarque :  
Région : François Landry et Antoine Blais-Gagnon  
18 novembre 2016

Suivant le scénario « Tempéré et urbain » (no.5), il y a peu d'évolution des indices de pression sur l'eau souterraine.

## CONCLUSION

---

- La région de la Capitale-Nationale illustre bien l'importance du facteur démographique dans l'impact des changements climatiques. Malgré les efforts de réduction de consommation en secteur résidentiel et industriel, ou même en contexte d'hausse des superficies irriguées en agriculture, c'est la croissance démographique qui met souvent le plus de pression sur la ressource eau. Ainsi, selon les scénarios les plus pessimistes (réduction des débits d'étiage les plus sévères), certains bassins versants semblent atteindre leurs limites en termes de disponibilité de l'eau de surface : bassins versants des rivières la Chevrotière et Saint-Charles par exemple.
  - Dans tous les scénarios, il y a peu d'évolution des indices de pression sur l'eau souterraine, et cela même dans le scénario faisant l'hypothèse d'une substitution de la source d'approvisionnement en eau de surface par l'eau souterraine pour des besoins agricoles.
  - Ce portrait à échelle régionale ne doit cependant pas faire l'impasse sur la pression causée par les besoins agricoles dans certaines zones du territoire où les activités sont plus denses et consommatrices d'eau pour l'irrigation. C'est le cas de l'île d'Orléans par exemple. La région de la Capitale-Nationale et l'analyse à différentes échelles (région, bassins versants, etc.) montrent aussi la prudence requise dans l'énoncé de conclusions lorsque les données de bilans hydriques sont imparfaites, et l'analyse influencée par des perceptions plutôt que des données objectives.
  - Ainsi, le bilan d'utilisation de l'eau suggérait que plusieurs territoires apparaissaient à risque de conflit en lien avec l'usage d'eau de surface : le bassin-versant de la rivière Portneuf et le bassin-versant de la rivière Sainte-Anne notamment. Des inquiétudes avaient aussi été exprimées lors des rencontres régionales au printemps 2018 quant à l'évolution des besoins en eau pour l'irrigation des cultures, dans un contexte de manque d'information précise à la fois sur les besoins en eau et les ressources disponibles pour combler ceux-ci.
-

## CONCLUSION

---

- À cet égard, le travail d'analyse des bilans hydriques à plus petite échelle, réalisé dans le cadre de l'étude de cas dans la MRC de Portneuf, a permis d'écarter le bassin-versant de la rivière Portneuf comme potentiellement conflictuel, étant donné la quasi-absence de prélèvement d'eau dans ce cours d'eau.
- Par ailleurs, l'étude de cas réalisée dans la MRC de Portneuf indique que les prélèvements actuels et potentiels des producteurs de pommes de terre, principaux usagers agricoles pour l'irrigation, entraîneraient globalement une pression relativement faible sur les ressources en eau de surface et souterraine. Les ressources en eau étant relativement abondantes dans la région, l'usage de l'eau pour l'activité agricole ne rentrerait pas, même dans les scénarios de changements climatiques et d'augmentation des besoins en eau les plus pessimistes, en compétition directe avec les autres usages, limitant ainsi le risque de conflit d'usage de l'eau.
- Au final, cette étude de cas invite donc à la prudence générale : pour identifier des risques de conflits d'usage locaux, une approche au cas par cas avec l'ensemble des entreprises qui réalisent potentiellement des prélèvements importants dans une région est nécessaire. L'étude de cas met aussi en évidence l'importance à accorder à la collecte de données sur les besoins et les ressources en eau à des échelles suffisamment fines afin de baser des prises de décision d'affaires et réglementaires sur des portraits objectifs, au-delà des impressions.